

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
US Department of Commerce
United States Patent and Trademark
Office, PCT
2011 South Clark Place Room
CP2/5C24
Arlington, VA 22202
ETATS-UNIS D'AMERIQUE
in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 12 March 2001 (12.03.01)	
International application No. PCT/EP00/06407	Applicant's or agent's file reference 23559 WO
International filing date (day/month/year) 06 July 2000 (06.07.00)	Priority date (day/month/year) 06 July 1999 (06.07.99)
Applicant WEHL, Wolfgang et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

06 February 2001 (06.02.01)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer C. Cupello Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 23559 WO	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 00/ 06407	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 06/07/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 06/07/1999
Anmelder EKRA EDUARD KRAFT GMBH		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.



Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.



Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das



in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.



zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.



bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.



bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.



Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.



Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**



wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.



wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**



wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.



wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1



wie vom Anmelder vorgeschlagen



weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.



weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.



keine der Abb.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B23K3/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETERecherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B23K B41J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 876 615 A (PREDETECHENSKY) 2. März 1999 (1999-03-02) Spalte 5, letzter Absatz -Spalte 6, Absatz 2; Anspruch 1; Abbildung 9 ----	1,2,7,8, 10,21, 32,33
A	US 5 772 106 A (AYERS ET AL.) 30. Juni 1998 (1998-06-30) Spalte 5, Absatz 2; Anspruch 1; Abbildungen 2-4 ----	3-5,8, 10,11, 13,21
A	EP 0 637 057 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP.) 1. Februar 1995 (1995-02-01) Spalte 13, letzter Absatz -Spalte 14, Absatz 2; Abbildung 4 ----- -/-	1-5,32, 33

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. November 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Herbreteau, D

THIS PAGE BLANK (USPTO)

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 691 593 A (TAKEUCHI ET AL.) 25. November 1997 (1997-11-25) Spalte 4, Absatz 3; Abbildung 4 ----	1,3,5
A	US 5 810 988 A (SMITH, JR. ET AL.) 22. September 1998 (1998-09-22) Spalte 7, Absatz 2; Abbildung 1 Spalte 11, Zeile 24 -Spalte 12, Zeile 35 -----	1,3,7,8, 15,21, 32,33

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT 00/06407

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5876615	A	02-03-1999	NONE	
US 5772106	A	30-06-1998	US 6015083 A	18-01-2000
EP 0637057	A	01-02-1995	AT 146304 T	15-12-1996
			DE 69306565 D	23-01-1997
			DE 69306565 T	12-06-1997
			JP 2692781 B	17-12-1997
			JP 7235515 A	05-09-1995
			US 5973295 A	26-10-1999
			US 5741557 A	21-04-1998
US 5691593	A	25-11-1997	DE 69025813 D	18-04-1996
			DE 69025813 T	26-09-1996
			DE 69026765 D	05-06-1996
			DE 69026765 T	24-10-1996
			EP 0408305 A	16-01-1991
			EP 0408306 A	16-01-1991
			HK 24197 A	27-02-1997
			JP 2886588 B	26-04-1999
			JP 3128680 A	31-05-1991
			JP 2842448 B	06-01-1999
			JP 3128681 A	31-05-1991
			JP 11206149 A	30-07-1999
			US 5592042 A	07-01-1997
			US 5631040 A	20-05-1997
			US 5622748 A	22-04-1997
US 5810988	A	22-09-1998	US 5560543 A	01-10-1996
			AU 3635395 A	09-04-1996
			WO 9609121 A	28-03-1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

REC'D 17 OCT 2001

WIPO
PCT

TAS



Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 23559 WO	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/06407	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 06/07/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 06/07/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK B23K3/06		
Anmelder EKRA EDUARD KRAFT GMBH et al		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
 - ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 6 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 06/02/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 15.10.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter De Backer, T Tel. Nr. +49 89 2399 7403 

THIS PAGE BLANK (USPTO)

I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1-34 ursprüngliche Fassung

Patentansprüche, Nr.:

1-33 eingegangen am 24/09/2001 mit Schreiben vom 21/09/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/1 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/06407

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-28, 30-33
	Nein: Ansprüche	29
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-28
	Nein: Ansprüche	29-33
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-33
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Zu Punkt V

Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: US-A-5 772 106 (AYERS ET AL.) 30. Juni 1998 (1998-06-30)

D2: US-A-5 810 988 (SMITH, JR. ET AL.) 22. September 1998 (1998-09-22)

1. Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist neu und erfinderisch (Art. 33(2) und Art. 33(3) PCT).
 - 1.1 Ein Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums, mit einer Membran, die eine Wandung einer Mediumkammer bildet, und mit einem mit der Membran in mechanischen Kontakt stehenden Aktor, der von einem Piezoelement gebildet ist, ist allgemein bekannt, siehe die Beschreibung der Anmeldung, Seite 1, zweiter Absatz.
 - 1.2 Hiervon unterscheidet sich der Gegenstand des Anspruchs 1 dadurch, daß das Piezoelement mittels eines Wärmesperrelements von der Membran thermisch entkoppelt ist, daß das Wärmesperrelement einstückiger Bestandteil des Piezoelements ist, daß das Piezoelement einen aktiven und einen das Wärmesperrelement bildenden passiven Bereich aufweist, daß der aktive Bereich des Piezoelements Elektroden aufweist und daß der passive Bereich elektrodenlos ausgebildet ist oder daß die Elektroden am Übergangsbereich zwischen aktiven und passiven Bereich unterbrochen sind.
 - 1.3 Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösenden Aufgaben kann somit darin gesehen werden, ein kompakte Bauweise des Aktors zu realisieren und das Anwendungsgebiet des Drückkopfes zur heißen flüssigen Medien, deren Temperatur über 150°C liegen kann, zu erweitern.
 - 1.4 Dokument D2 offenbart zwar eine thermische Entkoppelung zwischen den Piezoelement und der Membran, aber offenbart keine Hinweise zur Realisierung

THIS PAGE BLANK (USPTO)

des Aktors aus einem Teil. Deshalb beruht die in Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung auf einer erfinderische Tätigkeit.

2. Die Ansprüche 2-28 sind vom Anspruch 1 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.
3. Der Gegenstand des Anspruchs 29 ist nicht neu (Art. 33(2) PCT).

D1 sowohl als auch D2 offenbaren ein Verfahren zur Herstellung einer metallisches Lot umfassenden Verbindungsstelle, wobei das Lot als heißes flüssiges Lot mittels einer nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Vorrichtung auf die Kontaktierstelle der Verbindungsstelle aufgespritzt wird, siehe D1, Spalte 5, Zeile 16-39 ("jetting device") und D2, Anspruch 1 ("liquid droplet generator").

4. Die abhängigen Ansprüche 30-33 enthalten keine Merkmale, die in Kombination mit den Merkmalen irgendeines Anspruchs, auf den sie sich beziehen, die Erfordernisse des PCT in bezug auf erfinderische Tätigkeit erfüllen. Die abhängigen Ansprüche 30-33 haben eine geringfügige Änderung des Verfahrens nach Anspruch 29 zum Gegenstand, die im Rahmen dessen liegt, was ein Fachmann aufgrund der ihm geläufigen Überlegungen zu tun pflegt, zumal die damit erreichten Vorteile ohne weiteres im voraus zu übersehen sind.

Zu Punkt VII

Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

1. Im Widerspruch zu den Erfordernissen der Regel 5.1 a) ii) PCT werden in der Beschreibung weder der in dem Dokument D2 offenbarte einschlägige Stand der Technik noch dieses Dokument angegeben.

Zu Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

1. Die abhängigen Ansprüche 7, 9, 13-14, 16, 19 und 21-26 sind nicht klar (Art. 6 PCT) weil diese Ansprüche sich auf Merkmale beziehen, die nicht im unabhängigen Anspruch, auf den sie sich beziehen, definiert sind.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Gleiss & Große
Patentanwälte Rechtsanwälte

PCT/EP00/06407

21. September 2001

EKRA Eduard Kraft GmbH

Akte: 23559 WO

GR-to

5

Neue Ansprüche

1. Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums, mit einer Membran, die eine Wandung einer Mediumkammer bildet, und mit einem mit der Membran in mechanischen Kontakt stehenden Aktor (11), der von einem Piezoelement (15) gebildet ist, wobei das Piezoelement (15) mittels eines Wärmesperrelements (26) von der Membran (7) thermisch entkoppelt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wärmesperrelement (26) einstückiger Bestandteil des Piezoelements (15) ist, dass das Piezoelement (15) einen aktiven und einen das Wärmesperrelement (16) bildenden passiven Bereich (24;25) aufweist, dass der aktive Bereich (24) des Piezoelements (15) Elektroden (22) aufweist und dass der passive Bereich (25) elektrodenlos ausgebildet ist, oder dass die Elektroden am Übergangsbereich zwischen aktivem und passivem Bereich (24,25) unterbrochen sind.

2. Druckkopf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt im Bereich des Wärmesperrelements (26) kleiner als im übrigen Bereich des Aktors (11) ist.

3. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die übrigen Wan-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

-2-

dungen der Mediumkammer (8) von einem Silizium umfassenden Substrat (6) gebildet sind.

4. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktor (11)
5 von einem Gehäuse (10) umgeben ist.

5. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktor (11) als Lamelle ausgebildet ist und sich zwischen der Membran (7) und einer ein Widerlager (W) für den
10 Aktor (11) bildenden Gehäusewand (16) erstreckt.

6. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (10) elektrisch isolierend und/oder schlecht wärmeleitend ausgebildet ist.

15 7. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (10) aus einem Werkstoff hergestellt ist, der einen ähnlichen, vorzugsweise gleichen, Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt wie die Piezokeramik des Aktors
20 (11).

8. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran (7) der Mediumkammer (8) eine Gehäusewand bildet.

9. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (10)
25 von der Mediumkammer (8) thermisch entkoppelt ist.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 3 -

10. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (10) eine Wärmeausdehnungskompensation besitzt.
- 5 11. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Heizeinrichtung (35) für das Medium.
12. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Kühleinrichtung.
- 10 13. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizeinrichtung (35) und/oder Kühleinrichtung der Mediumkammer (8) zugeordnet ist.
- 15 14. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heiz- und/oder Kühleinrichtung von einer Einhäusung (37) umgeben ist.
- 20 15. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wandung (34) der Einhäusung (37) von dem Substrat (6) gebildet ist.
16. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einhäusung (37) von dem Substrat (6) thermisch entkoppelt ist.
- 25 17. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mediumkammer (8) mindestens eine, insbesondere mehrere Ausspritzöffnungen (2) für das heiße flüssige Medium besitzt.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

18. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Schutzmediumaustrittsöffnung (42) für ein die Oxidation des heißen flüssigen Mediums verhinderndes, eine Schutzatmosphäre bildendes Schutzmedium.
19. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schutzmediumaustrittsöffnung (42) am Gehäuse (10) des Aktors (11) vorgesehen ist.
20. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (10) eine Eintrittsöffnung (43) für das Schutzmedium besitzt.
21. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eintrittsöffnung (43) und die Austrittsöffnung (42) so im Gehäuse (10) angeordnet sind, dass der Aktor (11) zumindest bereichsweise im Strömungspfad des Schutzmediums liegt.
22. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermische Entkopplung zwischen Gehäuse (10) und Mediumkammer und/oder die Wärmeausdehnungskompensation des Gehäuses durch einen oder mehrere Schlitz (27) im Gehäuse realisiert ist.
23. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Schlitz (27) als Schutzmediumaustrittsöffnung (42) dient.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

24. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitze (27) eine Kammstruktur (29) am Gehäuserand (13) bilden.
- 5 25. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb des Gehäuses (10) eine Halteplatte (39) für den Aktor (11) vorgesehen ist, die etwa parallel zur Membran (8) liegt, und dass der Aktor (11) die Halteplatte (39) mit seinem der Membran (8) zugewandten Wärmesperrelement (26) durchgreift.
- 10 26. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halteplatte (39) mittels an der Gehäuseinnenseite ausgebildeten Führungsschrägen (40) gehalten und geführt ist.
- 15 27. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mediumkammer (8) eine Temperaturerfassungseinrichtung (45) für die Mediumtemperatur zugeordnet ist.
- 20 28. Verwendung eines Druckkopfes nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 27 zum Aufbringen von metallischem Lot auf eine Lötverbindungsstelle, insbesondere eines mikromechanischen und/oder mikroelektronischen Elements.
- 25 29. Verfahren zur Herstellung einer metallisches Lot umfassenden Verbindungsstelle, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lot als heißes flüssiges Lot mittels einer nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Vorrichtung auf die Kontaktierstelle der Verbindungsstelle aufgespritzt wird.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

30. Verfahren nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lot als mindestens ein heißer flüssiger Tropfen aus der Vorrichtung (Druckkopf 1) ausgespritzt wird.
- 5 31. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 und 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lot beim Ausspritzen mit einem Oxidationsschutzmedium, vorzugsweise Inertgas, umgeben wird.
- 10 32. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur des in der Vorrichtung (Druckkopf 1) vorliegenden heißen flüssigen Mediums erfaßt und überwacht wird.
- 15 33. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine impulsartige, zum Ausspritzen mehrerer Tropfen dienende Ansteuerung der Vorrichtung (Druckkopf 1) erfolgt.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

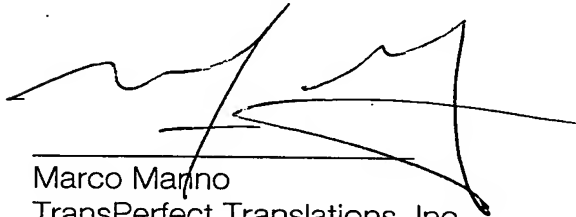
10/030064

JCI S'd PCT/PTO 04 JAN 2002

Certificate of Accuracy

I, Marco Marino of TransPerfect Translations, Inc. do hereby declare that the following is to the best of my knowledge and belief a true and correct translation of the following "2117.GLE.PT" and "2116.GLE.PT" from German into English. A copy of the translated document as well as the original German is attached.

I so declare under penalty of perjury under the laws of the State of California on this 27th day of December, 2001.



Marco Marino
TransPerfect Translations, Inc.
San Diego, California

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE TREATY CONCERNING
INTERNATIONAL COOPERATION IN THE AREA OF PATENTS

(19) World Organization for Intellectual Property
International Office

(43) International publication date [logo]:PCT
January 11, 2001 (01-11-2001)

(10) International publication number
WO 01/02123 A1

(51) International patent classification ⁷ :B23K 3/06 (21) International file number: PCT/EP00/06407 (22) International application date: July 6, 2000 (07-06-2000) (25) Filing language: German (26) Publication language: German (30) Data on priority: 199 31 110.2 July 6, 1999 (07-06-1999) DE (71) Applicant (for all elected states with the exception of US): EKRA EDUARD KRAFT GmbH (DE/DE); Zeppelinstrasse 16, D-74357 Bönningheim (DE)	(72) Inventors; and (75) Inventors/Applicants (only for US): WEHL, Wolfgang (DE/DE); Adolf-Alter-Strasse 31, D- 74080 Heilbronn (DE), WILD, Jörg (DE/DE); Nussäckerstrasse 18/2, D-74081 Heilbronn (DE) (74) Attorneys: GROSSE, Rainer et al; Maybachstrasse 6A, D-70469 Stuttgart (DE) (81) Elected states (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL IN, IS, JP KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TI, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW. <i>(Continued on next page)</i>
--	--

(54) Title
PRINthead FOR JETTING A HOT LIQUID MEDIUM AND METHOD OF PRODUCING A JOINT
THAT COMPRISES A METALLIC SOLDER

[figure]

(57) Abstract
[see original for English text.]

(Continued on next page)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

WO 01/02123 A1

(84) Elected states (regional) ARIPO- Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TI, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE) OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— *With international search report.*

[see original for English abstract]

— *Prior to expiration of the period for changing the claims; publication will be repeated in the event there are changes.*

For explanation of two-letter codes and of other abbreviations, please see the explanations ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") at the beginning of each regular edition of the PCT Gazette.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TREATY CONCERNING INTERNATIONAL PATENT COOPERATION
PCT
INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(Article 36 and Rule 70 PCT)

File number of the applicant or attorney 23559 WO	FURTHER PROCEDURE See notice concerning the transmission of international preliminary examination reports (Form PCT/IPEA/416)																									
International file no. PCT/EP00/06407	International application date (<i>day/month/year</i>) 06-07-2000	(Earliest) priority date (<i>D/M/Y</i>) 06-07-1999																								
International patent classification (IPC) or national classification and IPC B23K3/06																										
Applicant EKRA EDUARD KRAFT GmbH et al																										
<p>1. This international preliminary examination report was issued by the office commissioned to perform international preliminary examinations and is provided to the applicant in accordance with Article 36.</p> <p>2. This international report comprises a total of 5 sheets including this cover sheet.</p> <p style="margin-left: 40px;">[x] In addition ANNEXES are attached to the report; these annexes are sheets with descriptions, claims, and/or figures which were changed and on which this report was based, and/or sheets with corrections made by this office (see Rule 70.16 and section 607 of the Administrative Guidelines for the PCT).</p> <p style="margin-left: 40px;">These annexes comprise a total of 6 pages.</p>																										
<p>3. This report contains statements on the following items:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 5%;">I</td> <td style="width: 10%;">[x]</td> <td>Basis of the Notice</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>[]</td> <td>Priority</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>[]</td> <td>No opinion issued on novelty, inventive step, and industrial applicability</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>[]</td> <td>Lack of unity of the invention</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>[x]</td> <td>Reasoned determination under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>[]</td> <td>Certain documents cited</td> </tr> <tr> <td>VII</td> <td>[x]</td> <td>Certain deficiencies of the international application</td> </tr> <tr> <td>VIII</td> <td>[x]</td> <td>Certain remarks concerning the international application</td> </tr> </table>			I	[x]	Basis of the Notice	II	[]	Priority	III	[]	No opinion issued on novelty, inventive step, and industrial applicability	IV	[]	Lack of unity of the invention	V	[x]	Reasoned determination under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement	VI	[]	Certain documents cited	VII	[x]	Certain deficiencies of the international application	VIII	[x]	Certain remarks concerning the international application
I	[x]	Basis of the Notice																								
II	[]	Priority																								
III	[]	No opinion issued on novelty, inventive step, and industrial applicability																								
IV	[]	Lack of unity of the invention																								
V	[x]	Reasoned determination under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement																								
VI	[]	Certain documents cited																								
VII	[x]	Certain deficiencies of the international application																								
VIII	[x]	Certain remarks concerning the international application																								
Date of filing of the application 02-06-2001	Date of completion of this report 10-15-2001																									
Name and address of the office commissioned for international preliminary examination: European Patent Office D-80298 Munich Tel.: +49 89 2398 – 0 Tx: 523658 apmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Authorized official De Backer, T Tel. No. +49 89 2399 7403 [logo]																									

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT

International File No. PCT/EP00/06407

I. **Basis of the Report**

1. With respect to the components of the international application (*substitute sheets which were presented to the application office in response to a request according to Article 14 in the framework of this report are deemed "originally filed" and are not attached because they do not contain a change (Rules 70.16 and 70.17):*

Description, pages:

1-34 Original version

Patent claims, No.:

1-33 received on 09-24-2001 with the letter dated 09-21-2001

Figures, sheets:

1/1 original version

2. With respect to language; all above components were available to the office in the language in which the international application was filed or were submitted in such language, to the extent not otherwise indicated under this item.

The components were available to the office in the language: or were submitted in this language; this is

- ☐ the language of the translation that was submitted for purposes of the international search (under Rule 23.1(b)),
- ☐ the publication language of the international application (under Rule 48.3(b)),
- ☐ the language of the translation that was submitted for the purpose of the international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With respect to the nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international search was performed on the basis of the sequence protocol that
 - ☐ is contained in the international application in written form.
 - ☐ was submitted in written form along with the international application.
 - ☐ was subsequently submitted to the office in written form.
 - ☐ was subsequently submitted to the office in computer-readable form.
 - ☐ The declaration that the subsequently submitter sequence protocol does not extend beyond the disclosed content of the international application at the time of the application was presented.
 - ☐ The declaration that the information recorded in computer-readable form corresponds to the written sequence was presented.

4. As a result of the changes, the following documents are no longer applicable:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

<input type="checkbox"/> the description	Pages
<input type="checkbox"/> the claims	Nº.
<input type="checkbox"/> the drawings	Sheet

5. ☐ This notice has been prepared as if (some of) the amendments had not been made, since in the opinion of the officials they go beyond the disclosure as filed (Rule 70.2(c)).

(Reference is to be made under Item 1 to substitute sheets which contain such changes; they are to be attached to this report.)

6. Additional observations, if necessary:

V. Reasoned determination under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such determination

1. Determination

Novelty (N)	Yes: Claims 1-28, 30-33 No: Claims 29
Inventive Step (IS)	Yes: Claims 1-28 No: Claims 29-33
Industrial Applicability (IA)	Yes: Claims 1-33 No: Claims

2. Citations and Explanations
See attachment.

VII. Certain deficiencies of the international application

It was found that the international applications has the following deficiencies with respect to form or content:

See attachment.

VIII. Certain remarks concerning the international application

Concerning the clarity of the patent claims, the description, and the figures or concerning the question of whether the claims are fully supported by the description, the following must be noted:

See attachment.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Concerning Item V

Reasoned determination in accordance with Article 35(2) with respect to novelty, inventive activity, and industrial application; documents and explanations in support of this determination.

The following documents are cited:

D1: US-A-5 772 106 (AYERS ET AL.) June 30, 1998 (06-30-1998)

D2: US-A-5 810 988 (SMITH, JR. ET AL.) September 22, 1998 (09-22-1998)

1. The object of Claim 1 is novel and inventive (Article 33(2) and Art. 33(3) PCT).
 - 1.1 A printhead for jetting a hot liquid medium with a membrane which forms a wall of a medium chamber and with an actuator in mechanical contact with the membrane which is formed by a piezoelement, is generally known; see the description of the application, page 1, paragraph 2.
 - 1.2 The object of Claim 1 differs from this in that the piezoelement is thermally decoupled from the membrane by means of a heat blocking element, that the heat blocking element is an integral component of the piezoelement, that the piezoelement has an active zone and a passive zone which forms the heat blocking element, that the active zone of the piezoelement has electrodes and that the passive zone is configured without electrodes, or that the electrodes at the transition zone between the active and the passive zones are interrupted.
 - 1.3 The tasks to be solved with the present invention thus can be viewed as being to realize a compact construction of the actuator and to expand the application area of the printhead to hot liquid media, the temperature of which can be in excess of 150° C.
 - 1.4 While document D2 discloses a thermal decoupling between the piezoelement and the membrane, it does not disclose any indication for the realization
-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

of the actuator from one piece. Therefore, the solution proposed for this task in Claim 1 of the present application is based on inventive activity.

2. Claims 2-28 are dependent on Claim 1 and thus likewise fulfill the requirements of the PCT with respect to novelty and inventive activity.
3. The object of Claim 29 is not novel (Art. 33(2) PCT).

D1 and also D2 disclose a method for producing a joint comprising a metallic solder, with the solder being jetted on the contact point of the joint as hot liquid solder by means of a device functioning according to the inkjet principle; see D1, column 5, lines 16-39 ("jetting device") and D2, Claim 1 ("liquid droplet generator").

4. Dependent Claims 30-33 do not contain any feature which in combination with the features of any claim to which they refer fulfill the requirements of the PCT with respect to inventive activity. The object of dependent Claims 30-33 is a minor change of the method according to Claim 29 which is in the framework of what a person skilled in the art would tend to do on the basis of considerations familiar to him, particularly since the advantages to be thereby achieved can readily be seen in advance.

Concerning Item VII

Certain Deficiencies in the International Application

1. In contradiction to the requirements of Rule 5.1 a) ii) PCT, neither the state of the art disclosed in document D2 nor the document is given in the description.

Concerning Item VIII

Certain Comments on the International Application

1. Dependent Claims 7, 9, 13-14, 16, 19, and 21-26 are not clear (Art. 6 PCT) because these claims refer to features which are not defined in the independent claim to which they refer.
-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

9/24/2001

EP00064

Gleiss & Grosse
Patent Attorneys Attorneys at Law

PCT/EP00/06407
EKRA Eduard Kraft GmbH

September 21, 2001
File: 23559 WO
GR-to

New Claims

1. Printhead for jetting a hot liquid medium, with a membrane that forms a wall of a medium chamber, and with an actuator (11), which is in mechanical contact with the membrane, that is formed by a piezoelement (15), with the piezoelement (15) being thermally decoupled from the membrane (7) by means of a heat blocking element (26), **characterized in that** the heat blocking element (26) is an integral component of the piezoelement (15), that the piezoelement (15) has an active zone and a passive zone (24, 25), [the latter] forming the heat blocking element (16), that the active zone (24) of the piezoelement (15) having electrodes (22) and that the passive zone (25) is configured without electrodes, or that the electrodes at the transition zone between active and passive zone (24, 25) are interrupted.
 2. Printhead according to Claim 1 **characterized in that** the cross section in the zone of the heat blocking element (26) is smaller than in the remaining area of the actuator (11).
 3. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the other
-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

walls of the medium chamber (8) are formed by a substrate (6) surrounding silicon.

4. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the actuator (11) is surrounded by a housing (10).

5. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the actuator (11) is configured as lamella and extends between the membrane (7) and a housing wall (16) forming a support (W) for the actuator (11).

6. Printhead according to one of the preceding claims characterized in that the housing (10) is configured to be electrically insulating and/or to conduct heat poorly.

7. Printhead according to one of the preceding claims characterized in that the housing (10) is produced from a material which has a similar, preferably the same, heat expansion coefficient as the piezoceramic of the actuator (11).

8. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the membrane (7) of the medium chamber (8) forms a housing wall.

9. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the housing (10) is thermally decoupled from the medium chamber (8).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

10. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the housing (10) has a heat expansion compensation.

11. Printhead according to one of the preceding claims **characterized by** a heating device (35) for the medium.

12. Printhead according to one of the preceding claims **characterized by** a cooling device.

13. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the heating device (35) and/or the cooling device is assigned to the medium chamber (8).

14. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the heating and/or cooling device is surrounded by a housing (37).

15. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** a wall (34) of the housing (37) is formed from the substrate (6).

16. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the housing (37) is thermally decoupled from the substrate (6).

17. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the medium chamber (8) has at least one, in particular several jet openings (2) for the hot liquid medium.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

18. Printhead according to one of the preceding claims **characterized by** a protective medium outlet (42) for a protective medium that forms a protective atmosphere which prevents the oxidation of the hot liquid medium.

19. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the protective medium outlet (42) is provided on the housing (10) of the actuator (11).

20. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the housing (10) has an inlet (43) for the protective medium.

21. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the inlet (43) and the outlet (42) are arranged in the housing (10) such that the actuator (11) lies at least in some areas in the flow path of the protective medium.

22. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the thermal decoupling between housing (10) and medium chamber and/or the heat expansion compensation of the housing is realized through one or more slits (27) in the housing.

23. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** at least one slit (27) serves as protective medium outlet (42).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

24. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the slits (27) form a comb structure (29) on the housing edge (13).

25. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** inside of the housing (10) a retaining plate (39) is provided for an actuator (11) which lies approximately parallel to the membrane (8) and that the actuator (11) with its heat blocking element (26) turned toward the membrane (8) penetrates the retaining plate (39).

26. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** the retaining plate (39) is retained and guided by means of guide slopes [40] configured on the interior of housing.

27. Printhead according to one of the preceding claims **characterized in that** a temperature-measuring device (45) for the medium temperature is assigned to the medium chamber (8).

28. Use of a printhead according to one or several of Claims 1 through 27 to apply metallic solder to a soldered joint, in particular a micromechanical and/or microelectronic element.

29. Method for producing a joint comprising a metallic solder **characterized in that** the solder is jetted as hot liquid solder by means of a device functioning according to the inkjet process to the contact point of the joint.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

30. Method according to Claim 29 **characterized in that** the solder is jetted from the device (printhead 1) as at least one hot liquid drop.

31. Method according to one of Claims 29 and 30 **characterized in that** the solder during the jetting is surrounded by an oxidation protection medium, preferably inert gas.

32. Method according to one of Claims 29 through 31 **characterized in that** the temperature of the hot liquid medium present in the device (printhead 1) is measured and monitored.

33. Method according to one of Claims 29 through 32 **characterized in that** a pulse-like triggering of the device (printhead 1) takes place which serves to jet several drops.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Gleiss & Große
Patentanwälte Rechtsanwälte
München Stuttgart

Dr. jur. Alf-Olav Gleiss, Dipl.-Ing. PA
Rainer Große, Dipl.-Ing. PA
Dr. Andreas Schrell, Dipl.-Biol. PA
Torsten Armin Krüger, RA
Nils Heide, RA

PA: Patentanwalt
European Patent Attorney
European Trademark Attorney
RA: Rechtsanwalt, Attorney-at-law

D-70469 STUTTGART
MAYBACHSTRASSE 6A
Telefon: +49(0)711 81 45 55
Telefax: +49(0)711 81 30 32
Telex: 72 27 72 jura d
e-mail: jurapat@aol.com

D-80469 MÜNCHEN
MORASSISTRASSE 20
Telefon: +49(0)89 21578080
Telefax: +49(0)89 21578090
e-mail: GGpat@aol.com

In cooperation with
Shanghai Hua Dong Patent Agency
Shanghai, China

Patentanmeldung

**Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums und
Verfahren zur Herstellung einer metallisches Lot umfassenden Verbindungsstelle**

**EKRA Eduard Kraft GmbH
Zeppelinstraße 16**

74357 BÖNNIGHEIM

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums und Verfahren zur Herstellung einer metallischen Lot umfassenden Verbindungsstelle

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung einer metallischen Lot umfassenden Verbindungsstelle gemäß Oberbegriff des Anspruchs 33. Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes.

Aus dem Stand der Technik ist ein sogenannter Piezoramellen-Druckkopf bekannt, der in einem Tinten drucker eingesetzt ist (Chip 8/94; Seite 104-112; "Nur nicht kleckern"). Der Druckkopf besitzt eine Mediumkammer für die flüssige Tinte. Eine Wandung der Mediumkammer ist als auslenkbare Membran ausgebildet, die von einem Aktor betätigt wird. Dieser ist in dem bekannten Druckkopf als Piezoelement ausgebildet, das streifenförmig beziehungsweise als Lamelle realisiert ist. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung ändert das Piezoelement seine räumliche Gestalt, wodurch die Membran ausgelenkt wird. Durch diese Auslenkung der Membran wird das Volumen der Mediumkammer verringert, wodurch ein Tropfen der Tinte aus einer Düse beziehungsweise Austrittsöffnung ausgespritzt wird. Bei dem bekannten Druckkopf liegt die Tinte zunächst als fester

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Wachsstift vor, der vor dem Drucken erwärmt wird, wodurch der Wachsstift dünnflüssig wird, so daß die Flüssigwachstinte in die Mediumkammer eingebracht werden kann, aus der sie dann verspritzt wird. Um das Tintenwachs zu verflüssigen, wird es auf zirka 100 bis 150°C erwärmt. Das Anwendungsgebiet dieses bekannten Druckkopfes ist auf den Tintendruck beschränkt, bei dem die flüssige Tinte auf ein Papier oder eine Folie aufgebracht wird. Insbesondere ein Ausspritzen von sehr heißen flüssigen Medien, deren Temperatur über 150°C liegen kann, ist mit dem bekannten Druckkopf nicht möglich.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, das Einsatzgebiet von Druckköpfen zu erweitern.

Diese Aufgabe wird mit einem Druckkopf gelöst, der die Merkmale des Anspruchs 1 zeigt. Der erfindungsgemäße Druckkopf dient zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums. Er weist eine Mediumkammer auf, deren eine Wandung von einer Membran gebildet ist. Die Membran steht mit einem Aktor in mechanischem Kontakt, so daß die Membran ausgelenkt beziehungsweise angetrieben werden kann. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß der Aktor von der Membran thermisch entkoppelt ist. Das heißt, daß der Aktor von der Membran wärme- beziehungsweise kältetechnisch isoliert ist. Dadurch wird es möglich, in der Mediumkammer das heiße flüssige Medium auf eine Temperatur zu erwärmen, die notwendig ist, um ein Metall oder eine Metallegierung, insbesondere metallisches Lot, so zu erhitzen, daß es in der Mediumkammer flüssig vorliegt. In besonders vorteilhafter Weise kann dann mit dem erfindungsgemäßen Druckkopf diese

THIS PAGE BLANK (USPTO)

heiße flüssige metallische Legierung ausgespritzt werden, um sogenannte Lotdepots auf Substraten und/oder Bauelementen aufzubringen. Dadurch, daß der Aktor von der Membran thermisch entkoppelt ist, kann er auf einer Arbeitstemperatur gehalten werden, bei der sich seine physikalischen Eigenschaften im wesentlichen nicht ändern. Das heißt, daß - obwohl in der Mediumkammer sehr heißes flüssiges Metall vorliegen kann- die Membran durch den Aktor sehr genau und präzise angesteuert beziehungsweise ausgelenkt werden kann, so daß ein präzises Ausspritzen von sehr heißen flüssigen Medien aller Art, insbesondere hochoberhitzer flüssiger Metalle, mit genau definierter Tropfengröße beziehungsweise -volumen möglich ist.

Mit dem erfindungsgemäßen, nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopf ist es also möglich, Lotdepots, die auch als Bumps bezeichnet werden, auf Bauelementen oder Substraten der Mikroelektronik und/oder der Mikromechanik beziehungsweise Mikrosystemtechnik aufzubringen. Bisher waren hierzu zeitaufwendige und teure Prozesse notwendig, um diese Lotdepots zu erzeugen. Lotdepots werden beispielsweise beim sogenannten Tape-Automated-Bonding (TAB), beim Chip-Size-Packaging (CSP) und auch bei der sogenannten Flip-Chip-Verbindung (FC) als Verbindungselemente zwischen Bauteilen und Substraten benötigt. Die Lotdepots liegen in den meisten Fällen in höckerförmiger Gestalt vor, wobei als Lot insbesondere eutektische Zinn-Blei- oder Zinn-Gold-Legierungen verwendet werden. Mit dem erfindungsgemäßen Druckkopf können diese Lotdepots nunmehr schnell, präzise und kostengünstig auf die Bauele-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

mente beziehungsweise Substrate aufgebracht werden, um die für die oben erwähnten Verbindungstechniken notwendigen Lotdepots zu erzeugen.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die thermische Entkopplung von einem Wärmesperrelement vorgenommen wird, welches zwischen Membran und Aktor liegt. Dieses Wärmesperrelement ist schlecht wärmeleitend, wodurch die an der Membran vorliegende Wärme im wesentlichen nicht zum Aktor weitergeleitet wird. Das Wärmesperrelement ist also ein Element, welches den Wärmetransport von der Membran zum Aktor unterbricht, zumindest jedoch sehr stark vermindert.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel zeichnet sich dadurch aus, daß der Aktor ein Piezoelement ist. Mit diesem Piezoelement ist es möglich, die Membran sehr genau anzusteuern, das heißt auszulenken, so daß ein definiertes Tropfenvolumen aus der Mediumkammer ausgebracht werden kann. Dadurch, daß der Aktor, also das Piezoelement, von der Membran thermisch entkoppelt ist, wird verhindert, daß das Piezoelement auf eine Temperatur gebracht wird, die oberhalb der sogenannten piezoelektrischen Curie-Temperatur liegt. Oberhalb dieser Temperatur ist die Gitterstruktur piezoelektrischer Verbindungen kubisch. Unterhalb dieser Temperatur verzerrt sich die Struktur, wodurch sich Abstände zwischen den positiven und negativen Ladungen verschieben, so daß ein elektrisches Dipolmoment entsteht. Mit anderen Worten: piezoelektrische Verbindungen zeigen ihren piezoelektrischen Effekt nur dann, wenn die Gitterstruktur verzerrt ist, so daß eine spontane

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Polarisation auftritt. Oberhalb der piezoelektrischen Curie-Temperatur, wenn die Gitterstruktur kubisch ist, tritt bei diesen piezoelektrischen Verbindungen die Piezoelektrizität nicht auf, weil kein elektrisches Dipolmoment vorliegt. Da der erfindungsgemäße Druckkopf mit einem thermisch entkoppelten Piezoelement ausgestattet ist, kann also das heiße flüssige Medium in der Mediumkammer mit einer Temperatur vorliegen, die oberhalb der piezoelektrischen Curie-Temperatur des Piezowerkstoffes liegt, das Piezoelement dadurch jedoch in seiner Funktion nicht beeinträchtigt wird. Bevorzugt wird die thermische Entkopplung so ausgelegt, daß das Piezoelement maximal auf 30 bis 50% der Curie-Temperatur seines Piezowerkstoffes erwärmt wird, da bereits bei höheren Temperaturen eine schleichende Depolarisation auftreten kann.

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß das Wärmesperrelement einstückiger Bestandteil des Piezoelements ist. Für das Wärmesperrelement muß also kein separates Bauteil verwendet werden. Der Aktor für die Membran kann also leicht und kostengünstig hergestellt werden.

Besonders bevorzugt wird ein Piezoelement, welches einen aktiven und einen das Wärmesperrelement bildenden passiven Bereich aufweist, wobei der aktive Bereich Elektroden zur Ansteuerung des Piezoelements aufweist und der passive Bereich elektrodenlos ausgebildet ist oder die Elektroden im passiven Bereich zwar vorliegen, diese jedoch nicht mit den

Elektroden des aktiven Bereichs in elektrisch leitender Verbindung stehen. Da der passive Bereich

THIS PAGE BLANK (USPTO)

des Piezoelements für die Ansteuerung beziehungsweise Auslenkung der Membran nicht wirksam ist, hat eine Temperaturerhöhung des passiven Bereichs keinen Einfluß auf die Funktionsweise des aktiven Bereichs. Die Länge des passiven Bereichs wird dabei so bemessen, daß -ausgehend von dem mit der Membran in mechanischen Kontakt stehenden Ende des Aktors- ein Temperaturgefälle in Richtung zum aktiven Bereich derart auftritt, daß die Temperatur am Übergang zwischen passivem und aktivem Bereich weit unterhalb der piezoelektrischen Curie-Temperatur des verwendeten Piezowerkstoffes liegt.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Querschnitt im Bereich des Wärmesperr-elements kleiner als der übrige Bereich des Aktors ist. Somit liegt zwischen Membran und Wärmesperr-element eine geringe Kontaktfläche vor, die den Wärmeübergang vermindert. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, daß sich das Wärmesperr-element in Richtung zum membranseitigen Ende hin verjüngt.

In bevorzugter Ausführungsform sind die übrigen Wandungen der Mediumkammer von einem Silizium umfassenden Substrat gebildet. Es kann vorgesehen sein, daß das Substrat wannenartig ausgebildet ist, wobei an der Innenseite des Substrats mikromechanische Strukturen vorliegen können, die eine Mediumführung innerhalb der Mediumkammer bilden. Außerdem können die mikromechanischen Strukturen eine Ausspritzöffnung für das heiße flüssige Medium bilden.

Die Öffnung des wannenartigen Substrats wird somit von der Membran abgedeckt. Bevorzugt wird eine

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Membran aus Borosilikatglas oder aus Silizium verwendet. Vorzugsweise wird die Membran auf dem die Öffnung der Wanne umgebenden Rand des Substrats befestigt. Liegt die Membran als Borosilikatglas vor, wird sie vorzugsweise durch anodisches Bonden an dem Substrat befestigt. Liegt die Membran als Siliziummembran vor, wird diese vorzugsweise durch das sogenannte Silicon-Fusion-Bonding am Substrat befestigt. Allgemein gilt, daß der Werkstoff für die Membran derart wärmefest ist, daß das in der Mediumkammer vorliegende heiße Medium die Membran nicht beschädigt.

Nach einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß der Aktor von einem Gehäuse umgeben ist. Der Aktor ist also von äußeren Einflüssen abgeschirmt.

In bevorzugter Ausführungsform ist der Aktor als Lamelle ausgebildet. Er liegt also als langer dünner Streifen vor, dessen Querschnitt wesentlich geringer als seine Länge ist. Der Aktor beziehungsweise die Lamelle erstreckt sich zwischen der Membran und einer ein Widerlager für den Aktor bildenden Gehäusewand. Mit seinem einen Ende stützt sich der Aktor also an der Membran ab und mit seinem anderen Ende wird er in der Gehäusewandung gehalten, so daß eine Kraftübertragung vom Aktor auf die Membran erfolgen kann. Bei der elektrischen Ansteuerung des Aktors dehnt er sich aus und zieht sich zusammen, wodurch sich seine Länge ändert. Diese Längenänderung bewirkt somit die Auslenkung der Membran, da sein der Membran abgewandtes Ende an der Gehäusewandung festgelegt ist. Vorzugsweise ist vorgesehen, daß die Gehäusewand eine Ausnehmung

THIS PAGE BLANK (USPTO)

aufweist, in die der Aktor mit seinem der Membran abgewandten Ende eingreift. Bevorzugt ist hierbei vorgesehen, daß sich der Aktor durch diese Ausnehmung hindurch erstreckt, so daß an seinem freien Ende, welches außerhalb des Gehäuses liegt, ein Kontaktierungselement für die Elektroden angeordnet sein kann. Somit kann der Aktor außerhalb des Gehäuses mit einer elektrischen Ansteuerung verbunden werden, wobei zur Kontaktierung beziehungsweise elektrisch leitenden Verbindung eine flexible oder starre Leiterplatte vorgesehen ist, die auf das Kontaktierelement des Aktors aufgesteckt werden kann und ein entsprechendes Gegenkontaktierelement besitzt.

Das Gehäuse für den Aktor bildet einerseits eine Schutzbarriere für den Aktor und dient andererseits als Tragkörper für den Aktor, der mit seinem einen Ende an dem Gehäuse, also an dem Tragkörper befestigt ist.

Besonders bevorzugt wird ein Ausführungsbeispiel, bei dem das Gehäuse, also der Tragkörper, elektrisch isolierend und/oder schlecht wärmeleitend ausgebildet ist. Hierzu kann vorgesehen sein, daß der Tragkörper aus Keramik, vorzugsweise Zirkonoxid, besteht.

In bevorzugter Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Membran der Mediumkammer eine Wand des Gehäuses für den Aktor bildet. Mit anderen Worten: der Tragkörper beziehungsweise das Gehäuse ist an der Mediumkammer angebracht, und zwar derart, daß eine Öffnung des Gehäuses von der Membran abgedeckt ist.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Das Gehäuse ist also einseitig offen ausgebildet und wird erst bei seiner Montage an der Mediumkammer von der Membran verschlossen. Für die Verbindung zwischen Mediumkammer und Gehäuse ist eine thermische Entkopplung zwischen beiden Bauteilen vorgesehen, so daß die an der Membran vorliegende Wärme nicht über das Gehäuse zum Akteur vordringen kann. Die thermische Entkopplung zwischen Mediumkammer beziehungsweise Membran und dem Gehäuse wird bevorzugt durch Reduzierung der Kontaktfläche zwischen den Rändern des Gehäuses und der Membran gebildet. Beispielsweise kann hier zumindest ein Schlitz in der Gehäusewandung eingebracht sein, der vorzugsweise randoffen ausgebildet ist. Werden mehrere Schlitz(e) in das Gehäuse eingebracht, liegt vorzugsweise eine kammartige Struktur vor. Durch den/die Schlitz(e) wird die Kontaktfläche zwischen Gehäuse und Membran verringert, wodurch ein geringer Wärmeübergang von der Membran beziehungsweise Mediumkammer zu dem Gehäuse vorliegt. Die in dem Gehäuse vorgesehenen Schlitz(e) bilden in besonders vorteilhafter Weise auch eine Wärmeausdehnungskompensation. Das heißt, bei einer Erwärmung des Gehäuses verzieht sich dieses nicht, wodurch der Akteur bezüglich seiner Lage zur Membran stabil und positionsgenau gehalten ist.

Für die Verbindung zwischen Membran und Gehäuse ist vorzugsweise vorgesehen, die Seite der Membran, die dem Gehäuse zugewandt liegt, zumindest bereichsweise durch Bedampfen und Sputtern zu vergolden. Bevorzugt ist dann der Tragkörper an seiner mit der Membran vorgesehenen Verbindungsstelle mit einer goldhaltigen Dickschicht-Einbrennpaste vergoldet

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ausgebildet, so daß die Verbindung zwischen Membran und Tragkörper durch eine Goldschweiß- oder Lötverbindung einfach hergestellt werden kann.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß der Druckkopf eine Heizeinrichtung für das Medium aufweist. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, daß das Medium bereits heiß und flüssig dem Druckkopf zugeführt wird. Die Heizeinrichtung ist bevorzugt als Lichtquelle ausgebildet, wobei die Lichtquelle vorzugsweise eine Halogenlampe ist. Alternativ oder zusätzlich kann die Heizeinrichtung durch Heizwiderstände gebildet sein. Diese Heizwiderstände können an dem die Mediumkammer bildenden Substrat angebracht sein. Bevorzugt werden die Heizwiderstände in Dünnschicht-Technik auf das Substrat aufgebracht, wobei die Heizwiderstände vorzugsweise Hafniumdiborid umfassen. Die Heizwiderstände können durch Sputtern auf das Substrat aufgebracht und durch litographisches Strukturieren geformt werden.

Alternativ oder zusätzlich zur Heizeinrichtung kann eine Kühleinrichtung vorgesehen sein, die insbesondere das Substrat, also Teile der Mediumkammer kühlt. Bevorzugt wird die Kühleinrichtung durch eine sogenannte Wärmesenke gebildet, die vorzugsweise als Peltierelement ausgebildet ist.

Die Heizeinrichtung und/oder Kühleinrichtung ist in bevorzugter Ausführungsform der Mediumkammer zugeordnet, so daß mittels der Heizeinrichtung das in der Mediumkammer vorliegende Medium erwärmt und so flüssig gehalten werden kann. Die Kühleinrichtung

THIS PAGE BLANK (USPTO)

kann dabei -sofern dies notwendig sein sollte- das Substrat, also Teile der Mediumkammer kühlen.

Nach einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Heiz- und/oder Kühleinrichtung von einer Einhäusung umgeben, die vorzugsweise an der der Membran gegenüberliegenden Wandung der Mediumkammer befestigt ist. Diese Wandung der Mediumkammer bildet in bevorzugter Ausführungsform eine Wandung der Einhäusung für die Heiz- und/oder Kühleinrichtung. Die Einhäusung ist vorzugsweise innen verspiegelt ausgebildet und besteht in bevorzugter Ausführungsform aus Metall und/oder einer Keramik.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Einhäusung von dem Substrat, also von der Mediumkammer, thermisch entkoppelt ist. Alternativ oder zusätzlich kann die Einhäusung thermisch schlecht leitend ausgebildet sein. Für die thermische Entkopplung kann zwischen der Einhäusung und dem Substrat eine schlecht wärmeleitende Schicht vorgesehen sein.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Mediumkammer mindestens eine, insbesondere mehrere Ausspritzöffnungen für das heiße flüssige Medium besitzt. Vorzugsweise ist jeder Ausspritzöffnung jeweils ein Aktor zugeordnet. Vorzugsweise ist auch vorgesehen, daß die Mediumkammer als einzelne voneinander getrennte Teilmediumkammern vorliegt, wobei jede Teilmediumkammer zumindest eine Ausspritzöffnung besitzt. ~~Somit sind die Ausspritzöffnungen beziehungsweise die jeder Ausspritzöffnung~~

THIS PAGE BLANK (USPTO)

zugeordnete Teilmediumkammer über den entsprechenden Aktor unabhängig voneinander aktivierbar.

Ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel zeichnet sich durch eine Schutzmediumaustrittsöffnung aus, die vorzugsweise so gerichtet ist, daß ein Schutzmedium in Richtung der Ausspritzöffnung beziehungsweise der Ausspritzöffnungen austritt. Das Schutzmedium verhindert die Oxidation des heißen flüssigen Mediums, wenn dieses aus der Ausspritzöffnung heraustritt, so daß es -bis der Tropfen auf die zu benetzende Verbindungsstelle trifft- nicht durch den Luftsauerstoff oxidieren kann. Als Schutzmedium wird bevorzugt ein Inertgas, insbesondere Stickstoffgas, verwendet.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Schutzmediumaustrittsöffnung am Gehäuse des Aktors ausgebildet ist.

In bevorzugter Ausführungsform weist das Gehäuse des Aktors eine Eintrittsöffnung für das Schutzmedium auf. Das Schutzmedium kann also in das Gehäuse eingeleitet werden, dieses durchströmen und anschließend an der Schutzmediumaustrittsöffnung austreten, um den heißen flüssigen Mediumtropfen als Schutzatmosphäre zu umgeben.

Besonders bevorzugt wird ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Eintrittsöffnung und die Austrittsöffnung für das Schutzmedium so im Gehäuse angeordnet sind, daß der Aktor zumindest bereichsweise im Strömungspfad des Schutzmediums liegt. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, daß das Schutzmedium

THIS PAGE BLANK (USPTO)

beim Eintritt in das Gehäuse eine Temperatur derart aufweist, daß es als Kühlmedium für den Aktor dienen kann. Das Schutzmedium übernimmt also eine Doppelfunktion, in dem es einerseits den Aktor kühlt und andererseits als Oxidationsschutzmedium für das heiße flüssige Medium verwendet wird.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform, bei der der thermischen Entkopplung zwischen dem Aktorgehäuse und der Mediumkammer dienende Schlitz als Schutzmediumaustrittsöffnung dient. Bei dieser Ausgestaltung ist vorteilhaft, daß das Schutzmedium, welches den Aktor kühlt, auch das Gehäuse in dem Bereich mitkühlen kann, der der Membran, also der Mediumkammer naheliegt. Somit wird aus diesem Bereich Wärme abgeführt, wodurch sich das Gehäuse im wesentlichen nicht aufheizt.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß -innerhalb des Gehäuses- für den Aktor eine Halteplatte vorgesehen ist, die etwa parallel zur Membran der Mediumkammer liegt. Die Halteplatte liegt vorzugsweise mit geringem Abstand zur Membran und weist etwa mittig einen Durchbruch auf, durch den der Aktor mit seinem Wärmesperrelement hindurchgreift. Somit wird der Aktor innerhalb des Gehäuses -wie vorstehend erwähnt- einerseits an der Gehäusewandung festgelegt und mit seinem anderen, der Membran zugewandten Ende durch die Halteplatte positionssicher gehalten.

Bevorzugt wird die Halteplatte mittels an der Gehäuseinnenseite ausgebildeten Führungsschrägen gehalten und geführt. Die Halteplatte muß also

THIS PAGE BLANK (USPTO)

nicht zwingend mit dem Gehäuse für den Aktor fest verbunden sein. Vielmehr sind die Schrägen an der Innenseite des Gehäuses so ausgebildet, daß die Halteplatte in einer definierten Position festgelegt ist. Insbesondere ist vorgesehen, daß die Halteplatte aus dem gleichen Material besteht wie das Gehäuse für den Aktor.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Mediumkammer eine Temperaturerfassungseinrichtung für die Mediumtemperatur zugeordnet ist. Die Temperaturerfassungseinrichtung wird vorzugsweise mittels eines Temperatursensors realisiert, der die Temperatur des flüssigen Mediums oder zumindest einer Wandung der Mediumkammer erfaßt. Der Temperatursensor ist vorzugsweise als Thermoelement oder als Dünnsfilmsensor realisiert und vorzugsweise an der Membran außerhalb der Mediumkammer angebracht.

Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren zur Herstellung einer metallisches Lot umfassenden Verbindungsstelle gelöst, welches die Merkmale des Anspruchs 33 aufweist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß das Lot als heißes flüssiges Lot mittels einer nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Vorrichtung auf die Kontaktierstelle der Verbindungsstelle aufgespritzt wird. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es auf besonders einfache Weise möglich, metallisches Lot auf eine Kontaktierstelle einer Verbindungsstelle aufzubringen, die für Ver-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

bindungstechniken beziehungsweise Verbindungsstellen im Bereich der Mikroelektronik und der Mikrosystemtechnik beziehungsweise Mikromechanik vorgesehen ist.

Insbesondere wird zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Druckkopf verwendet, der vorstehend beschrieben ist.

Nach einer Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, daß das Lot als mindestens ein heißer flüssiger Tropfen aus der Vorrichtung ausgespritzt wird.

Beim Ausspritzen wird das Lot vorzugsweise mit einem Oxidationsschutzmedium, vorzugsweise Inertgas, umgeben. Dies verhindert, daß das heiße flüssige Lot bis zum Erreichen der Kontaktierstelle oxidiert.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Temperatur des in der Vorrichtung vorliegenden heißen flüssigen Mediums erfaßt und überwacht. Somit kann die Ausspritztemperatur des Mediums optimal eingestellt werden, so daß hochwertige Verbindungsstellen herstellbar sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist eine impulsartige, zum Ausspritzen mehrerer Tropfen dienende Ansteuerung vorgesehen. Werden die Tropfen aus einer Ausspritzöffnung ausgebracht, können somit mehrere Tropfen hintereinander ausgebracht werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, das heiße flüssige Medium aus mehreren Austrittsöffnungen

THIS PAGE BLANK (USPTO)

gen auszuspritzen, wobei es beispielsweise auch möglich ist, die Teilmediumkammern der einzelnen Ausspritzöffnungen zeitversetzt anzusteuern.

Als heißes flüssiges Medium können insbesondere sämtliche Weichlote aus der Elektronikfertigung verwendet werden, die beim Ausspritzen eine Temperatur zwischen 400 und 600°C aufweisen können. Selbstverständlich sind auch bleifreie Lote verwendbar. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, einzelne Tropfen mit etwa 4 pl bis 2 nl auszuspritzen. Somit können die erfindungsgemäß hergestellten Verbindungsstellen mit einer genau definierten Lotmenge versehen werden.

Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in geschnittener Seitenansicht einen Druckkopf,

Figur 2 eine Draufsicht auf den Druckkopf der Figur 1,

Figur 3 eine Rückansicht des Druckkopfes, und

Figur 4 eine Halte- und Justierplatte des Druckkopfes.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Figur 1 zeigt in geschnittener Seitenansicht schematisch einen Druckkopf 1, der nach dem an sich bekannten Prinzip des Tintendruckes arbeitet, mit dem also aus einer auch als Ausspritzöffnung bezeichneten Düse 2 ein flüssiges Medium vorzugsweise tropfenförmig auf ein mit Abstand zur Düse 2 liegendes zu beschichtendes Substrat aufbringbar ist.

Der in Figur 1 dargestellte Druckkopf 1 ist in Modulweise aufgebaut und umfaßt mehrere Module. Im gezeigten Ausführungsbeispiel umfaßt der Druckkopf drei Module, nämlich einen sogenannten Druckchip 3, ein Aktormodul 4 und ein Heiz- und/oder Kühlmodul 5, welches im folgenden lediglich als Heizmodul bezeichnet wird. Diese drei Module sind separate Bauteile, die durch Zusammensetzen beziehungsweise Miteinanderverbinden den Druckkopf 1 bilden. Unter besonderen Voraussetzungen kann auf das Heizmodul 5 verzichtet werden. Hierauf wird jedoch erst später Bezug genommen.

Der Grundkörper 6 des Druckchips 3 ist vorzugsweise aus einem Halbleitergrundwerkstoff, beispielsweise Silizium, hergestellt. Der auch als Substrat bezeichnete Grundkörper 6 bildet zusammen mit einer Membran 7 zumindest eine Mediumkammer 8 aus. Die Wandungen der Mediumkammer 8 werden also von dem Substrat 6 und der Membran 7 gebildet, wobei das Substrat 6 beziehungsweise der Grundkörper -im Querschnitt gesehen- im wesentlichen wannenartig ausgebildet ist und die Membran 7 die Öffnung des wannenartigen Grundkörpers 6 abdeckt. An der Innenseite 9 des Substrats 6 können mikromechanische Strukturen vorgesehen sein, die zur Mediumführung

THIS PAGE BLANK (USPTO)

innerhalb der Mediumkammer 8 und zur Ausbildung mehrerer Teilmediumkammern dienen. Eine weitere mikromechanische Struktur bildet die Düse 2 der Mediumkammer 8.

Bevorzugt ist die Membran 7 aus Borosilikatglas hergestellt und mit den Wannenrändern des Grundkörpers 6 vorzugsweise durch anodisches Bonden verbunden. Alternativ ist es auch möglich, die Membran 7 aus Silizium herzustellen und durch das sogenannte Silicon-Fusion-Bonding mit den Wannenrändern des Grundkörpers 6 zu verbinden. Die Membran 7 ist also mit dem Grundkörper 6 fest verbunden.

Das auch als Betätigungseinrichtung bezeichnete Aktormodul 4 besitzt ein Gehäuse 10, welches einen Aktor 11 umgibt. Vorzugsweise ist das Gehäuse 10 aus einem elektrisch nicht und thermisch schlecht leitenden Material hergestellt. Vorzugsweise wird ein Material für das Gehäuse 10 gewählt, das annähernd denselben Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt wie der Werkstoff für den Aktor 11. Hierzu kann beispielsweise eine Keramik, insbesondere Zirkonoxid, vorgesehen sein. Das Gehäuse 10 weist an seiner der Membran 7 zugewandten Seite keine Gehäusewandung auf. Die Öffnung des Gehäuses 10 wird also von der Membran 7 abgedeckt. Zur Verbindung von Druckchip 3 und Aktormodul 4 ist vorgesehen, daß die Membran 7 zumindest im Bereich ihrer Berührstellen mit dem Gehäuse 10 vergoldet ist. Diese Vergoldung kann beispielsweise durch Bedampfen oder Sputtern aufgebracht werden. Gegebenenfalls kann zwischen der Vergoldung und der Membran zumindest eine sogenannte Haftvermittlerschicht vorgesehen

THIS PAGE BLANK (USPTO)

sein. Die die Öffnung 12 des Gehäuses 10 umgebenden Ränder 13 (siehe auch Figur 2) sind vorzugsweise ebenfalls vergoldet ausgebildet. Dies kann beispielsweise mit einer goldhaltigen Dickschicht-Einbrennpaste realisiert werden. Zur Herstellung der eigentlichen Verbindung 14 ist dann vorgesehen, eine Goldschweiß- oder Lötverbindung zwischen Druckchip 3 und Aktormodul 4 herzustellen.

Wie vorstehend erwähnt, umgibt das Gehäuse 10 den Aktor 11. Der Aktor 11 ist als Lamelle, also als langer dünner Streifen ausgebildet, der im Querschnitt vorzugsweise rechteckig vorliegt. Der Aktor 11 ist im Ausführungsbeispiel ein Piezoelement 15, welches sich von der Gehäuserückseite 16 bis zur Membran 7 hin erstreckt und diese berührt. Die Gehäuserückwand 16 des Gehäuses 10 weist einen Durchbruch 17 auf, der von einem Ende 18 des Aktors 11 durchgriffen wird. Mit seinem Ende 18 ist der Aktor 11 innerhalb des Durchbruchs 17 vorzugsweise durch eine Klebung festgelegt. Das Gehäuse 10 bildet somit ein Stützelement beziehungsweise einen Tragkörper 19 für den Aktor 11. Am Ende 18 des Aktors 11 ist vorzugsweise noch ein Fortsatz 20 vorgesehen, der aus dem Gehäuse 10 herausragt, also über die Gehäuserückwand 16 hinaussteht. Der Fortsatz 20 ist an seiner dem Betrachter zugewandten Seite mit einem elektrischen Kontaktiermittel 21 versehen. Auch an der dem Betrachter abgewandten Seite des Fortsatzes 20, also der Seite, die nicht sichtbar parallel zur Zeichnungsebene liegt, ist er mit einem weiteren Kontaktiermittel versehen. Jedes Kontaktiermittel ist elektrisch leitend verbunden mit einer Aktivierungselektrode für den Aktor, wobei le-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

diglich die dem Betrachter zugewandte Aktivierungselektrode 22 sichtbar ist. Die andere Aktivierungselektrode liegt parallel zu der Aktivierungselektrode 22 an der Seite des lamellenförmigen Aktors, die parallel zur Zeichnungsebene verläuft.

An seinem anderen Ende 23 steht der Aktor 11 in mechanischer Wirkverbindung mit der Membran 7. Aus Figur 1 ist ersichtlich, daß der Aktor 11 beziehungsweise das Piezoelement 15 nur bereichsweise mit Aktivierungselektroden bestückt ist. Somit bildet der Aktor 11 einen aktiven Teil 24 und einen passiven Teil 25. Am passiven Teil 25 sind entweder keine Aktivierungselektroden vorgesehen oder aber am Übergangsbereich zwischen aktivem und passivem Teil sind die Aktivierungselektroden unterbrochen, also elektrisch nicht miteinander verbunden. Der aktive Teil 24 des Aktors 11 ist im Ausführungsbeispiel wesentlich länger als der passive Teil 25 ausgebildet. Ausgehend von der Rückwand 16 erstreckt sich der Aktor 11 in Richtung zur Membran 7 mit seinem aktiven Teil 24, an den sich sein passiver Teil 25 anschließt, dessen Ende 23 an der Membran 7 anliegt. Der passive Teil 25 bildet ein Wärmesperrelement 26, so daß an der Membran 7 vorliegende Wärme keinen Einfluß auf den piezoelektrisch aktiven Teil 24 des Aktors 11 hat. Mithin ist der Aktor 11 beziehungsweise sein aktiver Teil 24 thermisch von der Membran 7 entkoppelt. Unter dem Wärmesperrelement 26 wird ein Element verstanden, das die Wärme schlecht leitet oder zumindest so ausgebildet ist, daß die an der Membran 7 vorliegende Wärme abgeschwächt beziehungsweise vermindert zum aktiven Teil 24 weitergeleitet wird. Um die

THIS PAGE BLANK (USPTO)

schlechte Wärmeleitung zwischen Membran 7 und Aktor 11 noch zu erhöhen, ist vorzugsweise vorgesehen, daß der passive Teil 25 des Aktors 11 sich in Richtung der Membran 7 verjüngt. Somit liegt eine kleine Berührfläche zwischen Membran 7 und dem Aktor beziehungsweise dem Wärmesperrelement 26 vor, so daß eine kleine Wärmeübergangsfläche gegeben ist.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Aktor also einstückig ausgebildet, das heißt, daß der aktive und der passive Teil 24 und 25 aus demselben Material einstückig hergestellt sind.

Bevorzugt ist das Gehäuse 10 von der Membran 7 thermisch entkoppelt. Somit liegt ein geringer Wärmefluß von der Membran 7 zum Gehäuse 10 vor, so daß die an der Membran 7 vorliegende Wärme im wesentlichen nicht bis zur Gehäuserückwand 16 vordringen kann, die als Widerlager W für den Aktor 11 dient. Somit ist auch das Ende 18 des Aktors thermisch von der Membran entkoppelt, so daß eine Wärmebeeinflussung des aktiven Teils 24 gering gehalten ist. Zur thermischen Entkopplung zwischen Membran 7 und Gehäuse 10 ist insbesondere vorgesehen, daß die Ränder 13 des Gehäuses 7 geringe Berührflächen mit der Membran 7 aufweisen. Hierzu sind insbesondere mehrere Schlitz 27 vorgesehen, die randoffen ausgebildet sind. Die Schlitz und die dazwischen liegenden Zinken 28 bilden somit eine Kammstruktur 29 (Figur 2), so daß zwischen Membran 7 und Gehäuse 10 relativ geringe Wärmeübergangsflächen 30 vorliegen. ~~Die Schlitz 27 erstrecken sich vorzugsweise an der~~ unteren Gehäusewandung 31 und der oberen Gehäusewandung 32 des Gehäuses 10. Selbstverständlich kön-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

nen auch an den seitlichen Gehäusewandungen 33 an dessen Rändern derartige Schlitzte beziehungsweise Kammstrukturen vorgesehen sein. Die Schlitzte 27 erstrecken sich -ausgehend von den Rändern 13- etwa rechtwinklig zur Membran. Die Schlitzte 27 erstrecken sich nur bereichsweise in den Gehäusewandungen, also nicht bis zur Gehäuserückwand 16. Der Tragkörper 19 ist also vorzugsweise so geformt, daß die Schlitzte 27 beziehungsweise Kammstrukturen, der Durchbruch 17 und die Schutzmedium Eintrittsöffnung 43 von vorn oder hinten einbringbar sind, also keine seitlichen Öffnungen ausgebildet werden müssen. Hierdurch läßt sich der Tragkörper 18 sehr einfach in einer Gußform herstellen.

Dadurch, daß die Schlitzte 27 vorgesehen sind, besitzt das Gehäuse 10 auch eine Wärmeausdehnungskompensation. Obwohl durch die kleinen Berührflächen 30 eine thermische Entkopplung zwischen Membran 7 und Gehäuse 10 vorliegt, erwärmt sich dennoch das Gehäuse 10 in seinem der Membran benachbart liegenden Bereich. Um ein "Verziehen" des Gehäuses 10 beziehungsweise des Tragkörpers 19 zu vermindern beziehungsweise zu vermeiden, dienen die Schlitzte 27 der Wärmeausdehnungskompensation. Es ist insbesondere aus Figur 1 ersichtlich, daß sich die Gehäusewandungen 31, 32 oder 33 zu den Rändern 13 hin verjüngen.

An seiner der Membran 7 abgewandten Seite ist am Grundkörper 6 das Heizmodul 5 vorgesehen. Das Heizmodul 5 liegt also an dem Wannenboden 34 des Grundkörpers 6 zugewandt. Das Heizmodul 5 umfaßt eine Wärmequelle 35, die von einer Lichtquelle 36 gebil-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

det sein kann. Bevorzugt wird für die Lichtquelle 36 eine Halogenlampe verwendet. Mittels der Wärmequelle 35 kann ein in der Mediumkammer 8 vorliegendes metallisches Medium derart erhitzt werden, daß es in flüssiger Phase vorliegt, so daß es durch die Düse 2 aus dem Druckchip 3 ausgebracht werden kann. Um den Wirkungsgrad der Wärmequelle 35 zu erhöhen, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Wärmequelle 35 von einer Einhäusung 37 umgeben ist, die von dem Wannenboden 34 verschlossen ist. An der Innenseite der Einhäusung 37 ist eine Verspiegelung 38 aufgebracht, die die von der Wärmequelle 35 ausgehende Wärmestrahlung in Richtung des Wannenbodens 34 reflektiert. Somit kann die von der Wärmequelle 35 erzeugte Wärme im wesentlichen nicht aus der Einhäusung 37 austreten. Es kann auch vorgesehen sein, daß die Einhäusung 37 aus einem schlecht wärmeleitenden Material hergestellt ist. Für die Anordnung der drei Module 3, 4, 5 ist eine Reihenanordnung gewählt, so daß die Wärmequelle 35 nicht direkt auf den Aktor 11 einwirken kann.

Für den Druckkopf 1 ergibt sich folgende Funktionsweise:

Der Druckkopf 1 wird erfindungsgemäß zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums verwendet, welches zumindest in der Mediumkammer 8 heiß und in der flüssigen Phase vorliegt. Durch die Aktivierung des Aktors 11 wird die Membran 7 in Richtung des Wannenbodens 34 ausgelenkt beziehungsweise durchgebogen, so daß sich das Volumen der Mediumkammer 8 verringert. Dadurch wird ein der Volumenverringering der Mediumkammer 8 proportionaler Anteil des

THIS PAGE BLANK (USPTO)

heißen flüssigen Mediums aus der Düse 2 herausgedrückt. Durch eine anschließende Deaktivierung des Aktors 11 wird die Membran wieder von dem Wannenboden 34 zurückgezogen, wodurch aus der Düse 2 das heiße flüssige Medium als Tropfen ausgebracht wird. Die Auslenkung der Membran 7 wird durch die elektrische Aktivierung des Piezoelements 15 erreicht. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung an die Aktivierungselektroden ändert das lamellenförmige Piezoelement 15 seine räumliche Gestalt. Je nachdem, mit welcher Polarität die Aktivierungselektroden angesteuert werden, verlängert oder verkürzt sich der aktive Teil 24 des Piezoelements. Somit kann die Membran in Richtung des Wannenbodens 34 durchgebogen oder herausgebogen beziehungsweise gewölbt werden. Somit ist klar, daß sich durch die Ansteuerung des Aktors 11 beziehungsweise des Piezoelements 15 das Volumen in der Mediumkammer 8 ändert. Durch impulsartige Ansteuerung des Aktors 11 können somit mehrere Tropfen des heißen flüssigen Mediums aus der Düse 2 nacheinander ausgebracht werden. Je nach Ansteuerungsfrequenz können diese Tropfen sehr schnell hintereinander aus der Düse 2 ausgespritzt werden. Je nach Energieeintrag an die Aktivierungselektroden kann die Stärke der Auslenkung der Membran 7 beeinflußt werden.

Um das Volumen der einzeln ausgebrachten Tropfen im wesentlich konstant zu halten, ist es wichtig, daß der Aktor 11 von äußeren Einflüssen, beispielsweise Wärme oder mechanischer Verformung freigehalten wird, so daß die Membran 7 bei jeder Ansteuerung beziehungsweise Auslenkung denselben Weg zurücklegt. Um den Wärmeeinfluß zu dem Aktor 11 möglichst

THIS PAGE BLANK (USPTO)

gering zu halten, ist -wie vorstehend erwähnt- das Wärmesperrelement 26 vorgesehen. Zur Verminderung von mechanischen Einflüssen auf das Piezoelement 15 ist -wie vorstehend erwähnt- auch das Gehäuse 10 beziehungsweise der Tragkörper 19 des Aktors 11 wärmetechnisch von der Membran 7 entkoppelt und weist außerdem die vorstehend beschriebene Wärmeausdehnungskompensation auf.

Um die mechanische Stabilität und Ausrichtung der Aktoren 11 zu erhöhen, ist innerhalb des Gehäuses 10 eine sogenannte Justier- und Halteplatte 39 vorgesehen, die im Querschnitt im wesentlichen C-förmig ausgebildet ist. Die Justier- und Halteplatte, die im folgenden lediglich als Halteplatte 39 bezeichnet wird, ist durch Schrägen 40 an der Gehäuseinnenseite geführt und somit exakt ausgerichtet. Mit den freien Enden der Schenkel des C's liegt die Halteplatte 39 an der dem Gehäuse 10 zugewandten Seite der Membran 7 an. Etwa mittig in der Basis des C's weist die Halteplatte einen Durchbruch 41 auf, durch den der Aktor 11 mit seinem Wärmesperrelement 26 hindurchgreift. Der Durchbruch 41 ist so dimensioniert, daß der Aktor 11 zwar geführt ist, bei seiner Längenveränderung durch die Ansteuerung der Aktivierungselektroden jedoch nicht beeinträchtigt wird. Vorzugsweise ist die Halteplatte 39 aus demselben Material hergestellt wie das Gehäuse 10.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist der Druckkopf 1 eine Schutzmediumaustrittsöffnung 42 auf, die so ausgerichtet ist, daß ein aus der Schutzmediumaustrittsöffnung austretendes Schutzme-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

dium in Richtung der Mündung der Düse 2 strömt. Als Schutzmedium wird vorzugsweise ein die Oxidation des aus der Düse 2 austretenden heißen flüssigen Mediums verhinderndes Schutzmedium, insbesondere Inertgas, verwendet. Als Inertgas kann beispielsweise Stickstoffgas verwendet werden. Dadurch, daß der beziehungsweise die aus der Düse 2 austretenden Tropfen mit einer Schutzatmosphäre aus dem Schutzmedium umgeben werden, wird während des "Fluges" des Tropfens verhindert, daß dieser oxidiert. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn aus der Mediumkammer 8 als heißes flüssiges Medium ein metallisches Lot auf ein eine Verbindungsstelle aufweisendes Substrat aufgebracht werden soll. Bevorzugt besitzt das Gehäuse 10 eine Schutzmedium Eintrittsöffnung 43, die beispielsweise an der Gehäuserückwand 16 vorliegen kann. Durch die Schutzmedium Eintrittsöffnung 43 kann das Schutzmedium in das Gehäuse 10 eingeleitet werden, um nach Durchströmung des Gehäuses 10 an der Schutzmedium Austrittsöffnung 42 wie vorstehend beschrieben auszutreten. Insbesondere ist vorgesehen, daß die Schutzmedium Eintrittsöffnung 43 und die Schutzmedium Austrittsöffnung 42 so am Gehäuse angeordnet sind, daß der Aktor 11, insbesondere dessen aktiver Teil 24, im Strömungspfad des Schutzmediums liegt. Somit dient das Schutzmedium auch als Kühlmedium für den Aktor. Besonders bevorzugt wird als Schutzmedium Austrittsöffnung ein Schlitz 27 der Kammstruktur 29 gewählt. Besonders bevorzugt wird der Strömungspfad für das Schutzmedium innerhalb des Gehäuses 10 so gewählt, daß das Schutzmedium an der Schutzmedium Eintrittsöffnung 43 an der Gehäuserückwand 16 eintritt, den Aktor 11 umströmt, durch den Durchbruch 41 an der

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Halteplatte hindurchtritt, durch Schlitz 44 an den Schenkeln des C's der Halteplatte hindurchströmt und so zur Schutzmediumaustrittsöffnung 42 gelangt. Die Schlitz 44 liegen dabei vorzugsweise deckungsgleich mit den Schlitz 27 an dem Gehäuse 10. Selbstverständlich wäre auch ein Strömungspfad denkbar, bei dem die Schenkel der Halteplatte 39 so ausgebildet sind, daß zwischen den Führungsschragen 40 zwischen Halteplatte 39 und Gehäuse 10 ein Strömungskanal vorliegt, der in der Schutzmediumaustrittsöffnung 42 mündet.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wurde das in der Mediumkammer 8 vorliegende Medium, insbesondere metallisches Lot, mittels der Wärmequelle 35 erwärmt. Denkbar wäre auch, daß das aus der Mediumkammer 8 auszuspritzende heiße flüssige Medium bereits in flüssiger Phase der Mediumkammer 8 zugeführt wird. Gegebenenfalls kann dann auf das Heizmodul 5 verzichtet werden.

Um mit dem Druckkopf 1 auch sehr kalte flüssige Medien ausspritzen zu können, kann auch eine Kühleinrichtung vorgesehen sein, die beispielsweise dem Wannenboden 34 zugeordnet ist. Hierzu kann eine Wärmesenke, insbesondere ein Peltierelement, vorgesehen sein. Selbstverständlich ist es auch möglich, sowohl eine Wärmequelle beziehungsweise Heizeinrichtung als auch eine Kühleinrichtung beziehungsweise Wärmesenke vorzusehen.

Anstelle der Lichtquelle 36 können für die Wärmequelle 35 auch Heizwiderstände (nicht dargestellt) vorgesehen sein, die an der Außenseite der Medium-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

kammer 8 an dem Wannenboden 34 vorliegen. Vorzugsweise werden diese Heizwiderstände in Dünnschicht-Technik auf das Substrat beziehungsweise den Grundkörper 6 aufgebracht. Die Heizwiderstände umfassen vorzugsweise Hafniumdiborid.

Um die Mediumtemperatur des in der Mediumkammer 8 vorliegenden Mediums zu erfassen und zu überwachen, kann insbesondere an der Membran 7 zumindest ein Temperaturerfassungselement 45 vorgesehen sein, das zwischen Membran 7 und Halteplatte 39, also außerhalb der Mediumkammer 8 vorliegt.

Die zumindest eine Temperaturerfassungseinrichtung 45 kann beispielsweise als Temperatursensor ausgebildet sein, der von einem Thermoelement oder von einem Dünnsfilmsensor gebildet ist.

Im folgenden wird ein Verfahren zur Herstellung einer metallisches Lot umfassenden Verbindungsstelle beschrieben. Die Verbindungsstelle besitzt eine auch als Kontaktpad bezeichnete Kontaktierstelle, die mit metallischem Lot benetzt werden soll. Hierzu wird vorzugsweise der vorstehend beschriebene Druckkopf 1 zum Ausspritzen des flüssigen Lotes, welches beispielsweise eine Zinn-Blei- oder Zinn-Gold-Legierung sein kann, verwendet. Selbstverständlich können insbesondere sämtliche aus der Elektronikfertigung bekannte Weichlote verwendet werden. Das in der Mediumkammer 8 vorliegende heiße flüssige Lot wird durch die Auslenkung der Membran 7 tropfenförmig aus der Düse 2 auf die Kontaktierstelle der Verbindungsstelle aufgebracht. Hierzu wird das in der Mediumkammer 8 vorliegende heiße

THIS PAGE BLANK (USPTO)

flüssige Lot als mindestens ein heißer flüssiger Tropfen aus dem Druckkopf aus der Düse 2 ausgespritzt. Um ein Oxidieren des heißen flüssigen Lot-tropfens zu verhindern, wird der Tropfen mit einem Oxidationsschutzmedium, welches aus der Schutzmediumaustrittsöffnung 2 ausgebracht wird, umgeben. Um eine optimale Benetzung der Kontaktierstelle der Verbindungsstelle zu gewährleisten, wird die Lottemperatur innerhalb der Mediumkammer 8 mittels der Temperaturerfassungseinrichtung 45 überwacht. Somit kann in Abhängigkeit von der erfaßten Temperatur die Wärmequelle 35 so angesteuert werden, beispielsweise ein- oder ausgeschaltet werden, daß innerhalb der Mediumkammer 8 das Lot auf der gewünschten Temperatur gehalten wird. Insbesondere wird zur Ausspritzung des heißen flüssigen Lots die Temperatur innerhalb der Mediumkammer auf zirka 400 bis 600°C gehalten.

Somit ist es auf besonders einfache und kostengünstige Art und Weise möglich, Verbindungstechniken der Mikroelektronik, Mikromechanik beziehungsweise Mikrosystemtechnik zu vereinfachen. Insbesondere kann das Tape-Automated-Bonding (TAB), das Chip-Size-Packaging (CSP) und insbesondere die sogenannte Flip-Chip-Verbindung (FC) vereinfacht werden. Bei diesen Verbindungstechniken werden als Verbindungselemente zwischen Bauelemente und Substrat sogenannte Bumps (Lotdepots) benötigt. Diese meist höckerförmigen Lotdepots können besonders einfach mit dem vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Druckkopf hergestellt werden.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Zur Erzeugung dieser Lotdepots können auch mehrere Tropfen hintereinander aus der Düse 2 ausgebracht werden. Hierzu ist -wie vorstehend erwähnt- die impulsartige Ansteuerung des Aktors 11 vorgesehen, so daß die Membran 7 schnell hin- und herbewegt werden kann, wodurch die einzelnen Tropfen aus der Düse 2 ausgebracht werden können.

Selbstverständlich ist es möglich, einen Druckkopf 1 zu verwenden, der mehrere Düsen 2 aufweist, wobei insbesondere vorgesehen ist, daß die Düsen matrixartig angeordnet sind. Beispielsweise können mehrere Düsen 2 hintereinander in Reihe liegen, also in zur Zeichnungsebene parallelen Ebenen. Wird ein mehrdüsigter Druckkopf 1 verwendet, so sind vorzugsweise mehrere Teilmediumkammern vorgesehen, wobei jeweils einer Teilmediumkammer vorzugsweise mindestens eine Düse 2 zugeordnet ist. Jede Teilmediumkammer weist vorzugsweise eine separate Membran 7 auf, wobei jede Membran von jeweils einem Aktor 11 angesteuert wird. Mit anderen Worten: sämtliche Düsen beziehungsweise sämtliche Membranen sind unabhängig voneinander über zumindest jeweils einen Aktor 11 ansteuerbar. Wird ein mehrdüsigter Druckkopf 1 verwendet, wird eine Anordnung der Aktoren bevorzugt, wie dies in Figur 2 dargestellt ist. Die Aktoren 11 liegen in Reihe nebeneinander, so daß ihre Fortsätze 20 nebeneinander aus der Gehäuserückwand 16 herausragen. Dabei ist vorgesehen, daß an jeder Seite des Fortsatzes 20 die Kontaktiermittel 21 vorgesehen sind, so daß außerhalb des Gehäuses eine Kontaktierung der Aktivierungselektroden erfolgen kann. Wie aus Figur 3 ersichtlich, liegen die Fortsätze 20 zweier benachbarter Aktoren 11 versetzt

THIS PAGE BLANK (USPTO)

zueinander, so daß für Gegenkontaktiermittel genügend Platz geschaffen wird, um die Kontaktiermittel 21 elektrisch leitend mit den Gegenkontaktiermitteln zu verbinden. Aus Figur 3 ist noch ersichtlich, daß mehrere Schutzmedium Eintrittsöffnungen 43 an der Gehäuserückwand 16 vorgesehen sein können. Insbesondere kann vorgesehen sein, daß eine Medium-eintrittsöffnung 43 für zwei Aktoren 11 vorgesehen ist. Denkbar wäre, daß innerhalb des Gehäuses 10 zwischen unterer und oberer Gehäusewandung 31 und 32 verlaufende Trennwände vorliegen, die die einzelnen Aktoren 11 räumlich voneinander trennen.

In Figur 4 ist in Draufsicht die Halteplatte 39 dargestellt. Es ist ersichtlich, daß mehrere Schlitz 44 an beiden Schenkeln der C-förmigen Halteplatte vorgesehen sein können. Die Schlitz 44 sind so in den Schenkeln der Halteplatte 39 eingebracht, daß sie vorzugsweise deckungsgleich mit den Schlitz 27 am Gehäuse 10 liegen, wie dies in Figur 1 dargestellt ist. Es ist nicht zwingend erforderlich, die Schlitz 27 am Gehäuse sowohl an der unteren als auch an der oberen Gehäusewandung 31 und 32 auszubilden. Insbesondere genügt es, wenn an der unteren Gehäusewandung 31 die Schlitz 27 vorliegen, um die Schutzmediumaustrittsöffnungen 42 auszubilden.

Im folgenden wird noch ein Verfahren zur Herstellung eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes 1 beschrieben, der zumindest den Druckchip 3 und das Aktormodul 4 umfaßt. Zusätzlich kann das Heizmodul 5 vorgesehen sein. Bei der Herstellung ist vorgesehen, daß der Aktor 11 beziehungs-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

weise das Aktormodul 4 thermisch entkoppelt miteinander verbunden werden. Der Druckchip 3 wird insbesondere als mikromechanische Strukturen aufweisendes Siliziumsubstrat hergestellt, wobei die mikromechanischen Strukturen zur Mediumführung und zur Ausbildung einer Ausspritzöffnung beziehungsweise Düse 2 vorgesehen sind. Das Siliziumsubstrat wird vorzugsweise wannenförmig ausgebildet, wobei die mikromechanischen Strukturen für die Mediumführung an der Innenseite des wannenförmigen Siliziumsubstrats liegen. Die Düse ist demnach als Öffnung von der Innenseite zur Außenseite des Siliziumsubstrats ausgebildet. Die Öffnung des wannenartigen Siliziumsubstrats wird mit der Membran 7 zur Ausbildung der Mediumkammer 8 abgedeckt. Dabei wird die Membran 7 vorzugsweise durch anodisches Bonden mit dem Siliziumsubstrat verbunden, sofern die Membran 7 aus Borosilikatglas besteht. Wird die Membran aus Silizium hergestellt, erfolgt die Verbindung zwischen Membran 7 und Substrat beziehungsweise Grundkörper 6 durch sogenanntes Silicon-Fusion-Bonding. Beim Zusammensetzen beziehungsweise Verbinden des Aktormoduls 4 und Druckchips 3 wird vorzugsweise zunächst der Aktor 11 in den diesen haltenden Tragkörper 19 beziehungsweise Gehäuse 10 eingesetzt, wobei anschließend der Tragkörper mit der Membran verbunden wird, und zwar auf der Seite, die der Wannenneffnung des Grundkörpers 6 gegenüberliegt. Zur Verbindung zwischen Membran 7 und Tragkörper 19 ist vorgesehen, daß die Membran 7 durch Bedampfen und Sputtern vergoldet wird, insbesondere in dem Bereich, der der späteren Verbindungsstelle zwischen Membran 7 und Gehäuse 10 zugeordnet ist. Die Ränder 13 des Tragkörpers werden vor der Verbindung

THIS PAGE BLANK (USPTO)

mit der Membran vorzugsweise ebenfalls vergoldet, wobei hierzu eine Dickschicht-Einbrennpaste vorgesehen ist, die Gold aufweist. Die Verbindung zwischen Tragkörper 19 und Membran 7 erfolgt vorzugsweise durch eine Goldschweiß- oder Lötverbindung.

Der Tragkörper 19 beziehungsweise das Gehäuse 10 wird aus Zirkonoxid vorzugsweise im sogenannten Heißgießverfahren hergestellt, wobei die Durchbrüche 17, Schlitze 27 und Führungsschrägen 40 beim Gießvorgang mit ausgebildet werden können. Alternativ ist auch eine Behandlung beziehungsweise Bearbeitung nach dem Sintern der Keramik zur Ausbildung der Schlitze 27, Führungsschrägen 40 und Schutzmedium-eintrittsöffnung 43 möglich.

Zur lagerichtigen Montage des Aktors 11 innerhalb des Tragkörpers wird die vorstehend erwähnte Justier- und Halteplatte 39 verwendet, die nach dem Einkleben des Aktors 11 im Durchbruch 17 über das Wärmesperrelement 26 aufgesetzt wird, so daß das Wärmesperrelement den Durchbruch 41 an der Halteplatte 39 durchgreift. Beim Einsetzen der Halteplatte 39 wird diese mittels der Führungsschrägen 40 positionsgenau und sicher im Tragkörper 19 beziehungsweise Gehäuse 10 gehalten. Der Aktor wird dabei zwischen seinem Widerlager W an der Gehäuserückwand 64 und der Halteplatte 39 so gehalten, daß sein freies Ende 23 auf die Membran wirken kann, so daß diese auslenkbar ist.

Ein weiterer Herstellungsschritt besteht darin, daß der Membran ein Temperatursensor zugeordnet wird, der als Thermoelement oder Dünnsfilmsensor ausgebil-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

det ist. Vorzugsweise wird der Temperatursensor vor dem Aufsetzen des Aktormoduls 4 auf die Membran aufgebracht. Der Temperatursensor kann als diskretes Bauelement oder in Dünnschichttechnik durch Bedampfen oder Sputtern und durch lithographisches Strukturieren hergestellt beziehungsweise geformt werden.

Auf dem Siliziumsubstrat, insbesondere an der Außenseite des Wannenbodens 34, können Heizwiderstände in Dünnschicht-Technik aufgebracht werden. Vorzugsweise wird als Widerstandsmaterial Hafniumdiborid durch Sputtern aufgebracht und durch anschließendes lithographisches Strukturieren geformt.

Mit dem vorstehend beschriebenen Druckkopf 1, der nach dem Tintendruckprinzip arbeitet, ist es in vorteilhafter Weise möglich, das Anwendungsgebiet derartiger Tintendruckköpfe zu erweitern, so daß Verbindungsstellen in der Mikroelektronik beziehungsweise Mikromechanik und Mikrosystemtechnik einfach hergestellt werden können. Denkbar wäre beispielsweise auch die Verwendung eines herkömmlichen Tintendruckkopfes, sofern dieser Tintendruckkopf ein wärmeunempfindliches Aktorelement besitzt. Bevorzugt wird jedoch der vorstehend beschriebene Druckkopf verwendet, der ein von der Mediumkammer thermisch entkoppeltes Aktorelement besitzt.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Ansprüche

1. Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums, mit einer Membran, die eine Wandung einer Mediumkammer bildet, und mit einem mit der Membran in mechanischen Kontakt stehenden Aktor, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (11) von der Membran (7) thermisch entkoppelt ist.
2. Druckkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Entkopplung von einem zwischen Membran (7) und Aktor (11) liegenden Wärmesperrelement (26) vorgenommen wird.
3. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (11) ein Piezoelement (15) ist.
4. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmesperrelement (26) einstückiger Bestandteil des Piezoelements (15) ist.
5. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Piezoelement (15) einen aktiven und einen das Wärmesperrelement (16) bildenden passiven Bereich (24;25) aufweist, daß der aktive Bereich (24) des Piezoelements (15) Elektroden (22) aufweist und daß der passive Bereich (25) elektrodenlos ausgebildet ist.
6. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt im

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Bereich des Wärmesperrelements (26) kleiner als im übrigen Bereich des Aktors (11) ist.

7. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übrigen Wandungen der Mediumkammer (8) von einem Silizium umfassenden Substrat (6) gebildet sind.

8. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (11) von einem Gehäuse (10) umgeben ist.

9. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (11) als Lamelle ausgebildet ist und sich zwischen der Membran (7) und einer ein Widerlager (W) für den Aktor 11 bildenden Gehäusewand (16) erstreckt.

10. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) elektrisch isolierend und/oder schlecht wärmeleitend ausgebildet ist.

11. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) aus einem Werkstoff hergestellt ist, der einen ähnlichen, vorzugsweise gleichen, Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt wie die Piezokeramik des Aktors (11).

12. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (7) der Mediumkammer (8) eine Gehäusewand bildet.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

13. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) von der Mediumkammer (8) thermisch entkoppelt ist.

14. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) eine Wärmeausdehnungskompensation besitzt.

15. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Heizeinrichtung (35) für das Medium.

16. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Kühleinrichtung.

17. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung (35) und/oder Kühleinrichtung der Mediumkammer (8) zugeordnet ist.

18. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Heiz- und/oder Kühleinrichtung von einer Einhäusung (37) umgeben ist.

19. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wandung (34) der Einhäusung (37) von dem Substrat (6) gebildet ist.

20. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einhäusung (37) von dem Substrat (6) thermisch entkoppelt ist.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

21. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mediumkammer (8) mindestens eine, insbesondere mehrere Ausspritzöffnungen (2) für das heiße flüssige Medium besitzt.

22. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Schutzmediumaustrittsöffnung (42) für ein die Oxidation des heißen flüssigen Mediums verhinderndes, eine Schutzatmosphäre bildendes Schutzmedium.

23. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzmediumaustrittsöffnung (42) am Gehäuse (10) des Aktors (11) vorgesehen ist.

24. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) eine Eintrittsöffnung (43) für das Schutzmedium besitzt.

25. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittsöffnung (43) und die Austrittsöffnung (42) so im Gehäuse (10) angeordnet sind, daß der Aktor (11) zumindest bereichsweise im Strömungspfad des Schutzmediums liegt.

26. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Entkopplung zwischen Gehäuse (10) und Mediumkammer und/oder die Wärmeausdehnungskompensation des Ge-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

häuses durch einen oder mehrere Schlitz (27) im Gehäuse realisiert ist.

27. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Schlitz (27) als Schutzmediumaustrittsöffnung (42) dient.

28. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (27) eine Kammstruktur (29) am Gehäuserand (13) bilden.

29. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Gehäuses 10 eine Halteplatte (39) für den Aktor (11) vorgesehen ist, die etwa parallel zur Membran (8) liegt, und daß der Aktor (11) die Halteplatte (39) mit seinem der Membran (8) zugewandten Wärmesperrelement (26) durchgreift.

30. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Halteplatte (39) mittels an der Gehäuseinnenseite ausgebildeten Führungsschrägen (40) gehalten und geführt ist.

31. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mediumkammer (8) eine Temperaturerfassungseinrichtung (45) für die Mediumtemperatur zugeordnet ist.

32. Verwendung eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden, einen thermisch entkoppelten Aktor aufweisenden Druckkopfes, insbesondere nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 31, zum Aufbrin-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

gen von metallischem Lot auf eine Lötverbindungsstelle, insbesondere eines mikromechanischen und/oder mikroelektronischen Elements.

33. Verfahren zur Herstellung einer metallisches Lot umfassenden Verbindungsstelle, dadurch gekennzeichnet, daß das Lot als heißes flüssiges Lot mittels einer nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Vorrichtung auf die Kontaktierstelle der Verbindungsstelle aufgespritzt wird.

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Lot als mindestens ein heißer flüssiger Tropfen aus der Vorrichtung (Druckkopf 1) ausgespritzt wird.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 und 34, dadurch gekennzeichnet, daß das Lot beim Ausspritzen mit einem Oxidationsschutzmedium, vorzugsweise Inertgas, umgeben wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des in der Vorrichtung (Druckkopf 1) vorliegenden heißen flüssigen Mediums erfaßt und überwacht wird.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß eine impulsartige, zum Ausspritzen mehrerer Tropfen dienende Ansteuerung der Vorrichtung (Druckkopf 1) erfolgt.

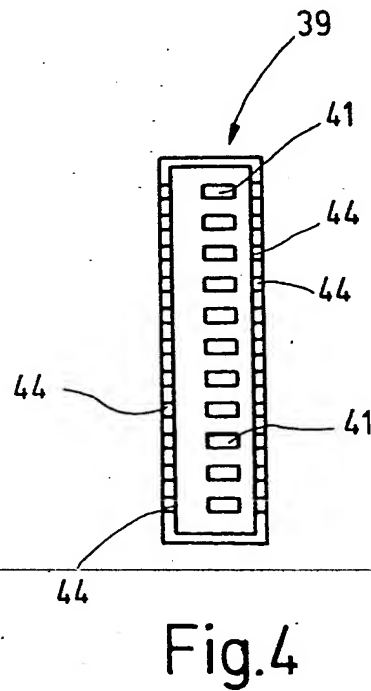
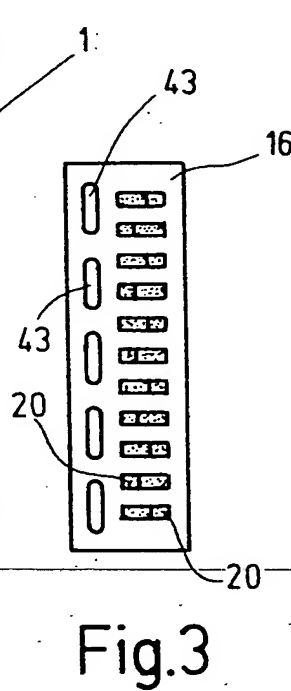
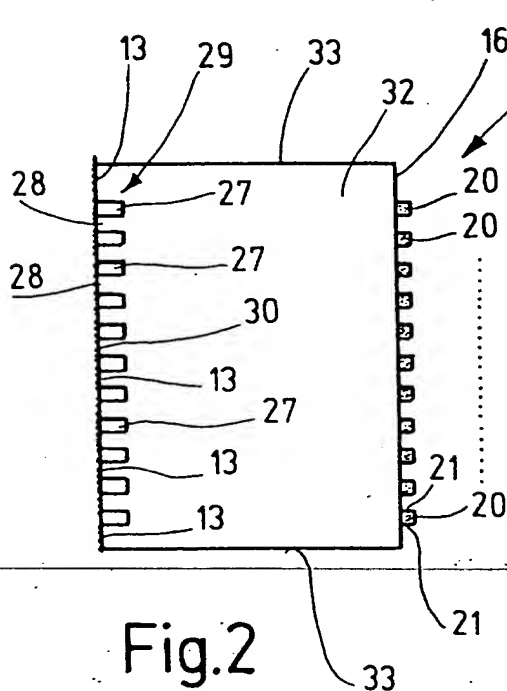
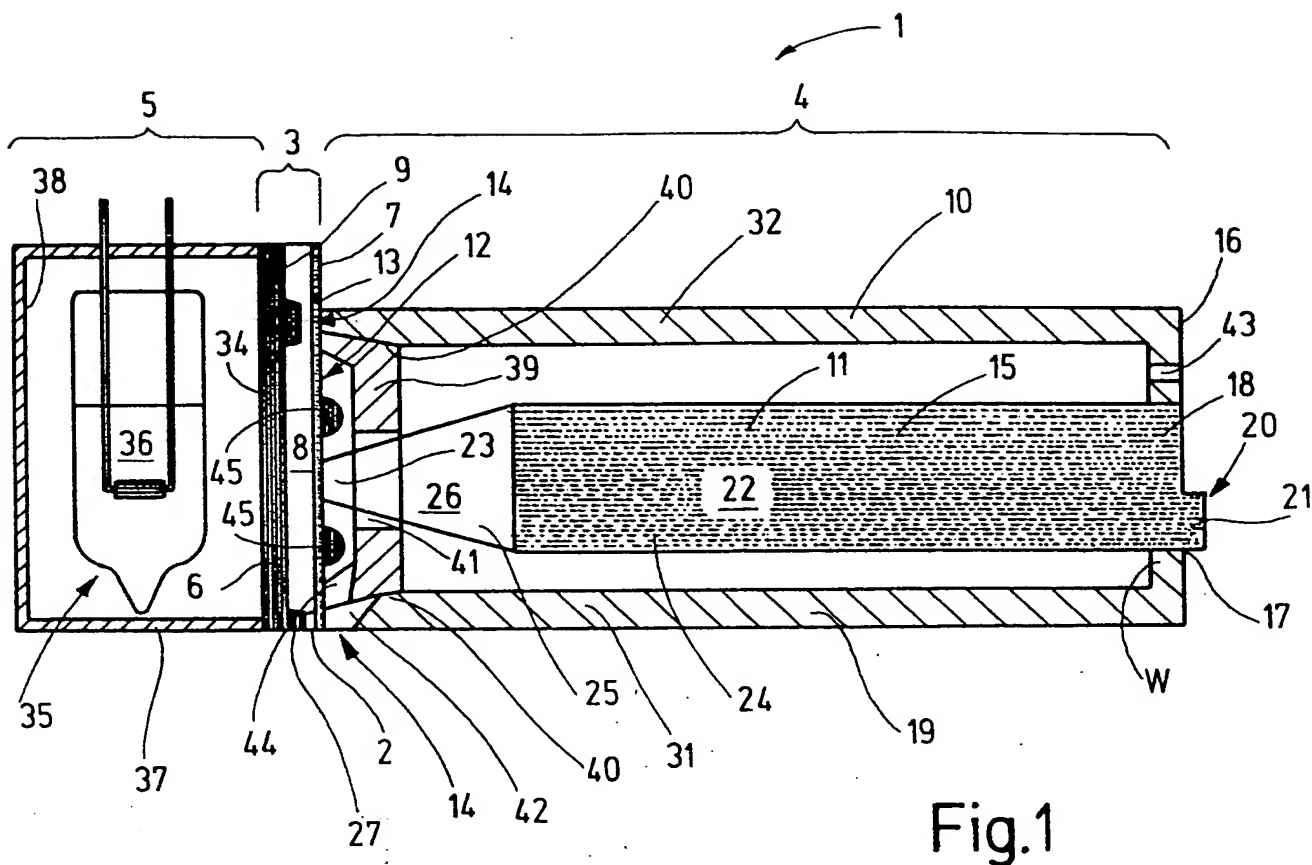
THIS PAGE BLANK (USPTO)

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Druckkopf zum Aus-spritzen eines heißen flüssigen Mediums, mit einer Membran, die eine Wandung einer Mediumkammer bildet, und mit einem mit der Membran in mechanischen Kontakt stehenden Aktor, der sich dadurch auszeichnet, daß der Aktor (11) von der Membran (7) thermisch entkoppelt ist.

(Figur 1)

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Januar 2001 (11.01.2001)

PCT

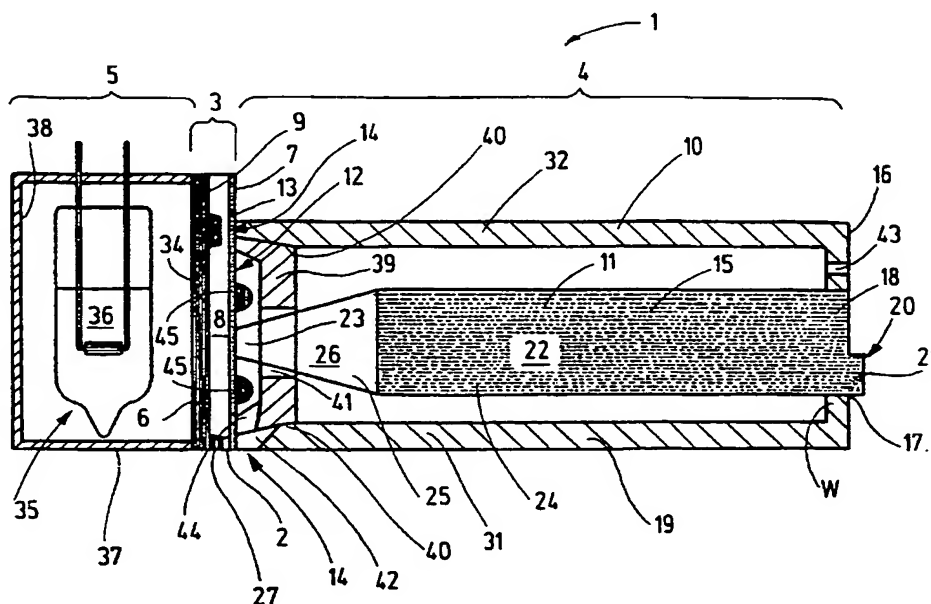
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/02123 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B23K 3/06** (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP00/06407** (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WEHL, Wolfgang**
(22) Internationales Anmeldedatum: **6. Juli 2000 (06.07.2000)** (DE/DE); Adolf-Alter-Strasse 31, D-74080 Heilbronn
(DE); **WILD, Jörg** (DE/DE); Nussäckerstrasse 18/2,
D-74081 Heilbronn (DE).
(25) Einreichungssprache: **Deutsch** (74) Anwälte: **GROSSE, Rainer** usw.; Maybachstrasse 6A,
D-70469 Stuttgart (DE).
(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
(30) Angaben zur Priorität: **199 31 110.2** **6. Juli 1999 (06.07.1999)** **DE**
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **EKRA EDUARD KRAFT GMBH** [DE/DE]; Zep-
pelinstrasse 16, D-74357 Bönningheim (DE).
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU,
CZ, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,
HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,
NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **PRINthead FOR JETTING A HOT LIQUID MEDIUM AND METHOD OF PRODUCING A JOINT THAT COM-
PRISES A METALLIC SOLDER**

(54) Bezeichnung: **DRUCKKOPF ZUM AUSSPRITZEN EINES HEISSEN FLÜSSIGEN MEDIUMS UND VERFAHREN ZUR
HERSTELLUNG EINER METALLISCHES LOT UMFASSENDEN VERBINDUNGSSTELLE**



(57) Abstract: The invention relates to a printhead for jetting a hot liquid medium. Said printhead comprises a membrane that forms the wall of a medium chamber and an actuator that is mechanically connected to said membrane. The printhead is characterized in that said actuator (11) is thermally decoupled from the membrane (7).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/02123 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums, mit einer Membran, die eine Wandung einer Mediumkammer bildet, und mit einem mit der Membran in mechanischen Kontakt stehenden Aktor, der sich dadurch auszeichnet, dass der Aktor (11) von der Membran (7) thermisch entkoppelt ist.

Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums und Verfahren zur Herstellung einer metallischen Lot umfassenden Verbindungsstelle

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung einer metallischen Lot umfassenden Verbindungsstelle gemäß Oberbegriff des Anspruchs 33. Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes.

Aus dem Stand der Technik ist ein sogenannter Piezoramellen-Druckkopf bekannt, der in einem Tinten drucker eingesetzt ist (Chip 8/94; Seite 104-112; "Nur nicht kleckern"). Der Druckkopf besitzt eine Mediumkammer für die flüssige Tinte. Eine Wandung der Mediumkammer ist als auslenkbare Membran ausgebildet, die von einem Aktor betätigt wird. Dieser ist in dem bekannten Druckkopf als Piezoelement ausgebildet, das streifenförmig beziehungsweise als Lamelle realisiert ist. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung ändert das Piezoelement seine räumliche Gestalt, wodurch die Membran ausgelenkt wird. Durch diese Auslenkung der Membran wird das Volumen der Mediumkammer verringert, wodurch ein Tropfen der Tinte aus einer Düse beziehungsweise Austrittsöffnung ausgespritzt wird. Bei dem bekannten Druckkopf liegt die Tinte zunächst als fester

Wachsstift vor, der vor dem Drucken erwärmt wird, wodurch der Wachsstift dünnflüssig wird, so daß die Flüssigwachstinte in die Mediumkammer eingebracht werden kann, aus der sie dann verspritzt wird. Um das Tintenwachs zu verflüssigen, wird es auf zirka 100 bis 150°C erwärmt. Das Anwendungsgebiet dieses bekannten Druckkopfes ist auf den Tintendruck beschränkt, bei dem die flüssige Tinte auf ein Papier oder eine Folie aufgebracht wird. Insbesondere ein Ausspritzen von sehr heißen flüssigen Medien, deren Temperatur über 150°C liegen kann, ist mit dem bekannten Druckkopf nicht möglich.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, das Einsatzgebiet von Druckköpfen zu erweitern.

Diese Aufgabe wird mit einem Druckkopf gelöst, der die Merkmale des Anspruchs 1 zeigt. Der erfindungsgemäße Druckkopf dient zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums. Er weist eine Mediumkammer auf, deren eine Wandung von einer Membran gebildet ist. Die Membran steht mit einem Aktor in mechanischem Kontakt, so daß die Membran ausgelenkt beziehungsweise angetrieben werden kann. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß der Aktor von der Membran thermisch entkoppelt ist. Das heißt, daß der Aktor von der Membran wärme- beziehungsweise kältetechnisch isoliert ist. Dadurch wird es möglich, in der Mediumkammer das heiße flüssige Medium auf eine Temperatur zu erwärmen, die notwendig ist, um ein Metall oder eine Metallegierung, insbesondere metallisches Lot, so zu erhitzen, daß es in der Mediumkammer flüssig vorliegt. In besonders vorteilhafter Weise kann dann mit dem erfindungsgemäßen Druckkopf diese

heiße flüssige metallische Legierung ausgespritzt werden, um sogenannte Lotdepots auf Substraten und/oder Bauelementen aufzubringen. Dadurch, daß der Aktor von der Membran thermisch entkoppelt ist, kann er auf einer Arbeitstemperatur gehalten werden, bei der sich seine physikalischen Eigenschaften im wesentlichen nicht ändern. Das heißt, daß - obwohl in der Mediumkammer sehr heißes flüssiges Metall vorliegen kann - die Membran durch den Aktor sehr genau und präzise angesteuert beziehungsweise ausgelenkt werden kann, so daß ein präzises Ausspritzen von sehr heißen flüssigen Medien aller Art, insbesondere hochoverhitzter flüssiger Metalle, mit genau definierter Tropfengröße beziehungsweise -volumen möglich ist.

Mit dem erfindungsgemäßen, nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopf ist es also möglich, Lotdepots, die auch als Bumps bezeichnet werden, auf Bauelementen oder Substraten der Mikroelektronik und/oder der Mikromechanik beziehungsweise Mikrosystemtechnik aufzubringen. Bisher waren hierzu zeitaufwendige und teure Prozesse notwendig, um diese Lotdepots zu erzeugen. Lotdepots werden beispielsweise beim sogenannten Tape-Automated-Bonding (TAB), beim Chip-Size-Packaging (CSP) und auch bei der sogenannten Flip-Chip-Verbindung (FC) als Verbindungselemente zwischen Bauteilen und Substrat benötigt. Die Lotdepots liegen in den meisten Fällen in höckerförmiger Gestalt vor, wobei als Lot insbesondere eutektische Zinn-Blei- oder Zinn-Gold-Legierungen verwendet werden. Mit dem erfindungsgemäßen Druckkopf können diese Lotdepots nunmehr schnell, präzise und kostengünstig auf die Bauele-

mente beziehungsweise Substrate aufgebracht werden, um die für die oben erwähnten Verbindungstechniken notwendigen Lotdepots zu erzeugen.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die thermische Entkopplung von einem Wärmesperrelement vorgenommen wird, welches zwischen Membran und Aktor liegt. Dieses Wärmesperrelement ist schlecht wärmeleitend, wodurch die an der Membran vorliegende Wärme im wesentlichen nicht zum Aktor weitergeleitet wird. Das Wärmesperrelement ist also ein Element, welches den Wärmetransport von der Membran zum Aktor unterbricht, zumindest jedoch sehr stark vermindert.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel zeichnet sich dadurch aus, daß der Aktor ein Piezoelement ist. Mit diesem Piezoelement ist es möglich, die Membran sehr genau anzusteuern, das heißt auszulenken, so daß ein definiertes Tropfenvolumen aus der Mediumkammer ausgebracht werden kann. Dadurch, daß der Aktor, also das Piezoelement, von der Membran thermisch entkoppelt ist, wird verhindert, daß das Piezoelement auf eine Temperatur gebracht wird, die oberhalb der sogenannten piezoelektrischen Curie-Temperatur liegt. Oberhalb dieser Temperatur ist die Gitterstruktur piezoelektrischer Verbindungen kubisch. Unterhalb dieser Temperatur verzerrt sich die Struktur, wodurch sich Abstände zwischen den positiven und negativen Ladungen verschieben, so daß ein elektrisches Dipolmoment entsteht. Mit anderen Worten: piezoelektrische Verbindungen zeigen ihren piezoelektrischen Effekt nur dann, wenn die Gitterstruktur verzerrt ist, so daß eine spontane

Polarisation auftritt. Oberhalb der piezoelektrischen Curie-Temperatur, wenn die Gitterstruktur kubisch ist, tritt bei diesen piezoelektrischen Verbindungen die Piezoelektrizität nicht auf, weil kein elektrisches Dipolmoment vorliegt. Da der erfindungsgemäße Druckkopf mit einem thermisch entkoppelten Piezoelement ausgestattet ist, kann also das heiße flüssige Medium in der Mediumkammer mit einer Temperatur vorliegen, die oberhalb der piezoelektrischen Curie-Temperatur des Piezowerkstoffes liegt, das Piezoelement dadurch jedoch in seiner Funktion nicht beeinträchtigt wird. Bevorzugt wird die thermische Entkopplung so ausgelegt, daß das Piezoelement maximal auf 30 bis 50% der Curie-Temperatur seines Piezowerkstoffes erwärmt wird, da bereits bei höheren Temperaturen eine schleichende Depolarisation auftreten kann.

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß das Wärmesperrelement einstückiger Bestandteil des Piezoelements ist. Für das Wärmesperrelement muß also kein separates Bauteil verwendet werden. Der Aktor für die Membran kann also leicht und kostengünstig hergestellt werden.

Besonders bevorzugt wird ein Piezoelement, welches einen aktiven und einen das Wärmesperrelement bildenden passiven Bereich aufweist, wobei der aktive Bereich Elektroden zur Ansteuerung des Piezoelements aufweist und der passive Bereich elektrodenlos ausgebildet ist oder die Elektroden im passiven Bereich zwar vorliegen, diese jedoch nicht mit den Elektroden des aktiven Bereichs in elektrisch leitender Verbindung stehen. Da der passive Bereich

des Piezoelements für die Ansteuerung beziehungsweise Auslenkung der Membran nicht wirksam ist, hat eine Temperaturerhöhung des passiven Bereichs keinen Einfluß auf die Funktionsweise des aktiven Bereichs. Die Länge des passiven Bereichs wird dabei so bemessen, daß -ausgehend von dem mit der Membran in mechanischen Kontakt stehenden Ende des Aktors- ein Temperaturgefälle in Richtung zum aktiven Bereich derart auftritt, daß die Temperatur am Übergang zwischen passivem und aktivem Bereich weit unterhalb der piezoelektrischen Curie-Temperatur des verwendeten Piezowerkstoffes liegt.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Querschnitt im Bereich des Wärmesperrlements kleiner als der übrige Bereich des Aktors ist. Somit liegt zwischen Membran und Wärmesperrlement eine geringe Kontaktfläche vor, die den Wärmeübergang vermindert. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, daß sich das Wärmesperrlement in Richtung zum membranseitigen Ende hin verjüngt.

In bevorzugter Ausführungsform sind die übrigen Wandungen der Mediumkammer von einem Silizium umfassenden Substrat gebildet. Es kann vorgesehen sein, daß das Substrat wannenartig ausgebildet ist, wobei an der Innenseite des Substrats mikromechanische Strukturen vorliegen können, die eine Mediumführung innerhalb der Mediumkammer bilden. Außerdem können die mikromechanischen Strukturen eine Ausspritzöffnung für das heiße flüssige Medium bilden. Die Öffnung des wannenartigen Substrats wird somit von der Membran abgedeckt. Bevorzugt wird eine

Membran aus Borosilikatglas oder aus Silizium verwendet. Vorzugsweise wird die Membran auf dem die Öffnung der Wanne umgebenden Rand des Substrats befestigt. Liegt die Membran als Borosilikatglas vor, wird sie vorzugsweise durch anodisches Bonden an dem Substrat befestigt. Liegt die Membran als Siliziummembran vor, wird diese vorzugsweise durch das sogenannte Silicon-Fusion-Bonding am Substrat befestigt. Allgemein gilt, daß der Werkstoff für die Membran derart wärmefest ist, daß das in der Mediumkammer vorliegende heiße Medium die Membran nicht beschädigt.

Nach einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß der Aktor von einem Gehäuse umgeben ist. Der Aktor ist also von äußeren Einflüssen abgeschirmt.

In bevorzugter Ausführungsform ist der Aktor als Lamelle ausgebildet. Er liegt also als langer dünner Streifen vor, dessen Querschnitt wesentlich geringer als seine Länge ist. Der Aktor beziehungsweise die Lamelle erstreckt sich zwischen der Membran und einer ein Widerlager für den Aktor bildenden Gehäusewand. Mit seinem einen Ende stützt sich der Aktor also an der Membran ab und mit seinem anderen Ende wird er in der Gehäusewandung gehalten, so daß eine Kraftübertragung vom Aktor auf die Membran erfolgen kann. Bei der elektrischen Ansteuerung des Aktors dehnt er sich aus und zieht sich zusammen, wodurch sich seine Länge ändert. Diese Längenänderung bewirkt somit die Auslenkung der Membran, da sein der Membran abgewandtes Ende an der Gehäusewandung festgelegt ist. Vorzugsweise ist vorgesehen, daß die Gehäusewand eine Ausnehmung

aufweist, in die der Aktor mit seinem der Membran abgewandten Ende eingreift. Bevorzugt ist hierbei vorgesehen, daß sich der Aktor durch diese Ausnehmung hindurch erstreckt, so daß an seinem freien Ende, welches außerhalb des Gehäuses liegt, ein Kontaktierungselement für die Elektroden angeordnet sein kann. Somit kann der Aktor außerhalb des Gehäuses mit einer elektrischen Ansteuerung verbunden werden, wobei zur Kontaktierung beziehungsweise elektrisch leitenden Verbindung eine flexible oder starre Leiterplatte vorgesehen ist, die auf das Kontaktierelement des Aktors aufgesteckt werden kann und ein entsprechendes Gegenkontaktierelement besitzt.

Das Gehäuse für den Aktor bildet einerseits eine Schutzbarriere für den Aktor und dient andererseits als Tragkörper für den Aktor, der mit seinem einen Ende an dem Gehäuse, also an dem Tragkörper befestigt ist.

Besonders bevorzugt wird ein Ausführungsbeispiel, bei dem das Gehäuse, also der Tragkörper, elektrisch isolierend und/oder schlecht wärmeleitend ausgebildet ist. Hierzu kann vorgesehen sein, daß der Tragkörper aus Keramik, vorzugsweise Zirkonoxid, besteht.

In bevorzugter Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Membran der Mediumkammer eine Wand des Gehäuses für den Aktor bildet. Mit anderen Worten: der Tragkörper beziehungsweise das Gehäuse ist an der Mediumkammer angebracht, und zwar derart, daß eine Öffnung des Gehäuses von der Membran abgedeckt ist.

Das Gehäuse ist also einseitig offen ausgebildet und wird erst bei seiner Montage an der Mediumkammer von der Membran verschlossen. Für die Verbindung zwischen Mediumkammer und Gehäuse ist eine thermische Entkopplung zwischen beiden Bauteilen vorgesehen, so daß die an der Membran vorliegende Wärme nicht über das Gehäuse zum Aktor vordringen kann. Die thermische Entkopplung zwischen Mediumkammer beziehungsweise Membran und dem Gehäuse wird bevorzugt durch Reduzierung der Kontaktfläche zwischen den Rändern des Gehäuses und der Membran gebildet. Beispielsweise kann hier zumindest ein Schlitz in der Gehäusewandung eingebracht sein, der vorzugsweise randoffen ausgebildet ist. Werden mehrere Schlitz(e) in das Gehäuse eingebracht, liegt vorzugsweise eine kammartige Struktur vor. Durch den/die Schlitz(e) wird die Kontaktfläche zwischen Gehäuse und Membran verringert, wodurch ein geringer Wärmeübergang von der Membran beziehungsweise Mediumkammer zu dem Gehäuse vorliegt. Die in dem Gehäuse vorgesehenen Schlitz(e) bilden in besonders vorteilhafter Weise auch eine Wärmeausdehnungskompensation. Das heißt, bei einer Erwärmung des Gehäuses verzieht sich dieses nicht, wodurch der Aktor bezüglich seiner Lage zur Membran stabil und positionsgenau gehalten ist.

Für die Verbindung zwischen Membran und Gehäuse ist vorzugsweise vorgesehen, die Seite der Membran, die dem Gehäuse zugewandt liegt, zumindest bereichsweise durch Bedampfen und Sputtern zu vergolden. Bevorzugt ist dann der Tragkörper an seiner mit der Membran vorgesehenen Verbindungsstelle mit einer goldhaltigen Dickschicht-Einbrennpaste vergoldet

ausgebildet, so daß die Verbindung zwischen Membran und Tragkörper durch eine Goldschweiß- oder Lötverbindung einfach hergestellt werden kann.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß der Druckkopf eine Heizeinrichtung für das Medium aufweist. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, daß das Medium bereits heiß und flüssig dem Druckkopf zugeführt wird. Die Heizeinrichtung ist bevorzugt als Lichtquelle ausgebildet, wobei die Lichtquelle vorzugsweise eine Halogenlampe ist. Alternativ oder zusätzlich kann die Heizeinrichtung durch Heizwiderstände gebildet sein. Diese Heizwiderstände können an dem die Mediumkammer bildenden Substrat angebracht sein. Bevorzugt werden die Heizwiderstände in Dünnschicht-Technik auf das Substrat aufgebracht, wobei die Heizwiderstände vorzugsweise Hafniumdiborid umfassen. Die Heizwiderstände können durch Sputtern auf das Substrat aufgebracht und durch lithographisches Strukturieren geformt werden.

Alternativ oder zusätzlich zur Heizeinrichtung kann eine Kühleinrichtung vorgesehen sein, die insbesondere das Substrat, also Teile der Mediumkammer kühlt. Bevorzugt wird die Kühleinrichtung durch eine sogenannte Wärmesenke gebildet, die vorzugsweise als Peltierelement ausgebildet ist.

Die Heizeinrichtung und/oder Kühleinrichtung ist in bevorzugter Ausführungsform der Mediumkammer zugeordnet, so daß mittels der Heizeinrichtung das in der Mediumkammer vorliegende Medium erwärmt und so flüssig gehalten werden kann. Die Kühleinrichtung

kann dabei -sofern dies notwendig sein sollte- das Substrat, also Teile der Mediumkammer kühlen.

Nach einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Heiz- und/oder Kühleinrichtung von einer Einhäusung umgeben, die vorzugsweise an der der Membran gegenüberliegenden Wandung der Mediumkammer befestigt ist. Diese Wandung der Mediumkammer bildet in bevorzugter Ausführungsform eine Wandung der Einhäusung für die Heiz- und/oder Kühleinrichtung. Die Einhäusung ist vorzugsweise innen verspiegelt ausgebildet und besteht in bevorzugter Ausführungsform aus Metall und/oder einer Keramik.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Einhäusung von dem Substrat, also von der Mediumkammer, thermisch entkoppelt ist. Alternativ oder zusätzlich kann die Einhäusung thermisch schlecht leitend ausgebildet sein. Für die thermische Entkopplung kann zwischen der Einhäusung und dem Substrat eine schlecht wärmeleitende Schicht vorgesehen sein.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Mediumkammer mindestens eine, insbesondere mehrere Ausspritzöffnungen für das heiße flüssige Medium besitzt. Vorzugsweise ist jeder Ausspritzöffnung jeweils ein Aktor zugeordnet. Vorzugsweise ist auch vorgesehen, daß die Mediumkammer als einzelne voneinander getrennte Teilmediumkammern vorliegt, wobei jede Teilmediumkammer zumindest eine Ausspritzöffnung besitzt. Somit sind die Ausspritzöffnungen beziehungsweise die jeder Ausspritzöffnung

zugeordnete Teilmediumkammer über den entsprechenden Aktor unabhängig voneinander aktivierbar.

Ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel zeichnet sich durch eine Schutzmediumaustrittsöffnung aus, die vorzugsweise so gerichtet ist, daß ein Schutzmedium in Richtung der Ausspritzöffnung beziehungsweise der Ausspritzöffnungen austritt. Das Schutzmedium verhindert die Oxidation des heißen flüssigen Mediums, wenn dieses aus der Ausspritzöffnung heraustritt, so daß es -bis der Tropfen auf die zu benetzende Verbindungsstelle trifft- nicht durch den Luftsauerstoff oxidieren kann. Als Schutzmedium wird bevorzugt ein Inertgas, insbesondere Stickstoffgas, verwendet.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Schutzmediumaustrittsöffnung am Gehäuse des Aktors ausgebildet ist.

In bevorzugter Ausführungsform weist das Gehäuse des Aktors eine Eintrittsöffnung für das Schutzmedium auf. Das Schutzmedium kann also in das Gehäuse eingeleitet werden, dieses durchströmen und anschließend an der Schutzmediumaustrittsöffnung austreten, um den heißen flüssigen Mediumtropfen als Schutzatmosphäre zu umgeben.

Besonders bevorzugt wird ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Eintrittsöffnung und die Austrittsöffnung für das Schutzmedium so im Gehäuse angeordnet sind, daß der Aktor zumindest bereichsweise im Strömungspfad des Schutzmediums liegt. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, daß das Schutzmedium

beim Eintritt in das Gehäuse eine Temperatur derart aufweist, daß es als Kühlmedium für den Aktor dienen kann. Das Schutzmedium übernimmt also eine Doppelfunktion, in dem es einerseits den Aktor kühlt und andererseits als Oxidationsschutzmedium für das heiße flüssige Medium verwendet wird.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform, bei der der thermischen Entkopplung zwischen dem Aktorgehäuse und der Mediumkammer dienende Schlitz als Schutzmediumaustrittsöffnung dient. Bei dieser Ausgestaltung ist vorteilhaft, daß das Schutzmedium, welches den Aktor kühlt, auch das Gehäuse in dem Bereich mitkühlen kann, der der Membran, also der Mediumkammer naheliegt. Somit wird aus diesem Bereich Wärme abgeführt, wodurch sich das Gehäuse im wesentlichen nicht aufheizt.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß -innerhalb des Gehäuses- für den Aktor eine Halteplatte vorgesehen ist, die etwa parallel zur Membran der Mediumkammer liegt. Die Halteplatte liegt vorzugsweise mit geringem Abstand zur Membran und weist etwa mittig einen Durchbruch auf, durch den der Aktor mit seinem Wärmesperrelement hindurchgreift. Somit wird der Aktor innerhalb des Gehäuses -wie vorstehend erwähnt- einerseits an der Gehäusewandung festgelegt und mit seinem anderen, der Membran zugewandten Ende durch die Halteplatte positionssicher gehalten.

Bevorzugt wird die Halteplatte mittels an der Gehäuseinnenseite ausgebildeten Führungsschragen gehalten und geführt. Die Halteplatte muß also

nicht zwingend mit dem Gehäuse für den Aktor fest verbunden sein. Vielmehr sind die Schrägen an der Innenseite des Gehäuses so ausgebildet, daß die Halteplatte in einer definierten Position festgelegt ist. Insbesondere ist vorgesehen, daß die Halteplatte aus dem gleichen Material besteht wie das Gehäuse für den Aktor.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Mediumkammer eine Temperaturerfassungseinrichtung für die Mediumtemperatur zugeordnet ist. Die Temperaturerfassungseinrichtung wird vorzugsweise mittels eines Temperatursensors realisiert, der die Temperatur des flüssigen Mediums oder zumindest einer Wandung der Mediumkammer erfaßt. Der Temperatursensor ist vorzugsweise als Thermoelement oder als Dünnsfilmsensor realisiert und vorzugsweise an der Membran außerhalb der Mediumkammer angebracht.

Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren zur Herstellung einer metallisches Lot umfassenden Verbindungsstelle gelöst, welches die Merkmale des Anspruchs 33 aufweist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß das Lot als heißes flüssiges Lot mittels einer nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Vorrichtung auf die Kontaktierstelle der Verbindungsstelle aufgespritzt wird. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es auf besonders einfache Weise möglich, metallisches Lot auf eine Kontaktierstelle einer Verbindungsstelle aufzubringen, die für Ver-

bindungstechniken beziehungsweise Verbindungsstellen im Bereich der Mikroelektronik und der Mikrosystemtechnik beziehungsweise Mikromechanik vorgesehen ist.

Insbesondere wird zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Druckkopf verwendet, der vorstehend beschrieben ist.

Nach einer Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, daß das Lot als mindestens ein heißer flüssiger Tropfen aus der Vorrichtung ausgespritzt wird.

Beim Ausspritzen wird das Lot vorzugsweise mit einem Oxidationsschutzmedium, vorzugsweise Inertgas, umgeben. Dies verhindert, daß das heiße flüssige Lot bis zum Erreichen der Kontaktierstelle oxidiert.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Temperatur des in der Vorrichtung vorliegenden heißen flüssigen Mediums erfaßt und überwacht. Somit kann die Ausspritztemperatur des Mediums optimal eingestellt werden, so daß hochwertige Verbindungsstellen herstellbar sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist eine impulsartige, zum Ausspritzen mehrerer Tropfen dienende Ansteuerung vorgesehen. Werden die Tropfen aus einer Ausspritzöffnung ausgebracht, können somit mehrere Tropfen hintereinander ausgebracht werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, das heiße flüssige Medium aus mehreren Austrittsöffnun-

gen auszuspritzen, wobei es beispielsweise auch möglich ist, die Teilmediumkammern der einzelnen Ausspritzöffnungen zeitversetzt anzusteuern.

Als heißes flüssiges Medium können insbesondere sämtliche Weichlote aus der Elektronikfertigung verwendet werden, die beim Ausspritzen eine Temperatur zwischen 400 und 600°C aufweisen können. Selbstverständlich sind auch bleifreie Lote verwendbar. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, einzelne Tropfen mit etwa 4 μ l bis 2 nl auszuspritzen. Somit können die erfindungsgemäß hergestellten Verbindungsstellen mit einer genau definierten Lotmenge versehen werden.

Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in geschnittener Seitenansicht einen Druckkopf,

Figur 2 eine Draufsicht auf den Druckkopf der Figur 1,

Figur 3 eine Rückansicht des Druckkopfes, und

Figur 4 eine Halte- und Justierplatte des Druckkopfes.

Figur 1 zeigt in geschnittener Seitenansicht schematisch einen Druckkopf 1, der nach dem an sich bekannten Prinzip des Tintendruckes arbeitet, mit dem also aus einer auch als Ausspritzöffnung bezeichneten Düse 2 ein flüssiges Medium vorzugsweise tropfenförmig auf ein mit Abstand zur Düse 2 liegendes zu beschichtendes Substrat aufbringbar ist.

Der in Figur 1 dargestellte Druckkopf 1 ist in Modulweise aufgebaut und umfaßt mehrere Module. Im gezeigten Ausführungsbeispiel umfaßt der Druckkopf drei Module, nämlich einen sogenannten Druckchip 3, ein Aktormodul 4 und ein Heiz- und/oder Kühlmodul 5, welches im folgenden lediglich als Heizmodul bezeichnet wird. Diese drei Module sind separate Bauteile, die durch Zusammensetzen beziehungsweise Miteinanderverbinden den Druckkopf 1 bilden. Unter besonderen Voraussetzungen kann auf das Heizmodul 5 verzichtet werden. Hierauf wird jedoch erst später Bezug genommen.

Der Grundkörper 6 des Druckchips 3 ist vorzugsweise aus einem Halbleitergrundwerkstoff, beispielsweise Silizium, hergestellt. Der auch als Substrat bezeichnete Grundkörper 6 bildet zusammen mit einer Membran 7 zumindest eine Mediumkammer 8 aus. Die Wandungen der Mediumkammer 8 werden also von dem Substrat 6 und der Membran 7 gebildet, wobei das Substrat 6 beziehungsweise der Grundkörper -im Querschnitt gesehen- im wesentlichen wannenartig ausgebildet ist und die Membran 7 die Öffnung des wannenartigen Grundkörpers 6 abdeckt. An der Innenseite 9 des Substrats 6 können mikromechanische Strukturen vorgesehen sein, die zur Mediumführung

innerhalb der Mediumkammer 8 und zur Ausbildung mehrerer Teilmediumkammern dienen. Eine weitere mikromechanische Struktur bildet die Düse 2 der Mediumkammer 8.

Bevorzugt ist die Membran 7 aus Borosilikatglas hergestellt und mit den Wannenrändern des Grundkörpers 6 vorzugsweise durch anodisches Bonden verbunden. Alternativ ist es auch möglich, die Membran 7 aus Silizium herzustellen und durch das sogenannte Silicon-Fusion-Bonding mit den Wannenrändern des Grundkörpers 6 zu verbinden. Die Membran 7 ist also mit dem Grundkörper 6 fest verbunden.

Das auch als Betätigungseinrichtung bezeichnete Aktormodul 4 besitzt ein Gehäuse 10, welches einen Aktor 11 umgibt. Vorzugsweise ist das Gehäuse 10 aus einem elektrisch nicht und thermisch schlecht leitenden Material hergestellt. Vorzugsweise wird ein Material für das Gehäuse 10 gewählt, das annähernd denselben Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt wie der Werkstoff für den Aktor 11. Hierzu kann beispielsweise eine Keramik, insbesondere Zirkonoxid, vorgesehen sein. Das Gehäuse 10 weist an seiner der Membran 7 zugewandten Seite keine Gehäusewandung auf. Die Öffnung des Gehäuses 10 wird also von der Membran 7 abgedeckt. Zur Verbindung von Druckchip 3 und Aktormodul 4 ist vorgesehen, daß die Membran 7 zumindest im Bereich ihrer Berührstellen mit dem Gehäuse 10 vergoldet ist. Diese Vergoldung kann beispielsweise durch Bedampfen oder Sputtern aufgebracht werden. Gegebenenfalls kann zwischen der Vergoldung und der Membran zumindest eine sogenannte Haftvermittlerschicht vorgesehen

sein. Die die Öffnung 12 des Gehäuses 10 umgebenden Ränder 13 (siehe auch Figur 2) sind vorzugsweise ebenfalls vergoldet ausgebildet. Dies kann beispielsweise mit einer goldhaltigen Dickschicht-Einbrennpaste realisiert werden. Zur Herstellung der eigentlichen Verbindung 14 ist dann vorgesehen, eine Goldschweiß- oder Lötverbindung zwischen Druckchip 3 und Aktormodul 4 herzustellen.

Wie vorstehend erwähnt, umgibt das Gehäuse 10 den Aktor 11. Der Aktor 11 ist als Lamelle, also als langer dünner Streifen ausgebildet, der im Querschnitt vorzugsweise rechteckig vorliegt. Der Aktor 11 ist im Ausführungsbeispiel ein Piezoelement 15, welches sich von der Gehäuserückseite 16 bis zur Membran 7 hin erstreckt und diese berührt. Die Gehäuserückwand 16 des Gehäuses 10 weist einen Durchbruch 17 auf, der von einem Ende 18 des Aktors 11 durchgriffen wird. Mit seinem Ende 18 ist der Aktor 11 innerhalb des Durchbruchs 17 vorzugsweise durch eine Klebung festgelegt. Das Gehäuse 10 bildet somit ein Stützelement beziehungsweise einen Tragkörper 19 für den Aktor 11. Am Ende 18 des Aktors 11 ist vorzugsweise noch ein Fortsatz 20 vorgesehen, der aus dem Gehäuse 10 herausragt, also über die Gehäuserückwand 16 hinaussteht. Der Fortsatz 20 ist an seiner dem Betrachter zugewandten Seite mit einem elektrischen Kontaktiermittel 21 versehen. Auch an der dem Betrachter abgewandten Seite des Fortsatzes 20, also der Seite, die nicht sichtbar parallel zur Zeichnungsebene liegt, ist er mit einem weiteren Kontaktiermittel versehen. Jedes Kontaktiermittel ist elektrisch leitend verbunden mit einer Aktivierungselektrode für den Aktor, wobei le-

diglich die dem Betrachter zugewandte Aktivierungselektrode 22 sichtbar ist. Die andere Aktivierungselektrode liegt parallel zu der Aktivierungselektrode 22 an der Seite des lamellenförmigen Aktors, die parallel zur Zeichnungsebene verläuft.

An seinem anderen Ende 23 steht der Aktor 11 in mechanischer Wirkverbindung mit der Membran 7. Aus Figur 1 ist ersichtlich, daß der Aktor 11 beziehungsweise das Piezoelement 15 nur bereichsweise mit Aktivierungselektroden bestückt ist. Somit bildet der Aktor 11 einen aktiven Teil 24 und einen passiven Teil 25. Am passiven Teil 25 sind entweder keine Aktivierungselektroden vorgesehen oder aber am Übergangsbereich zwischen aktivem und passivem Teil sind die Aktivierungselektroden unterbrochen, also elektrisch nicht miteinander verbunden. Der aktive Teil 24 des Aktors 11 ist im Ausführungsbeispiel wesentlich länger als der passive Teil 25 ausgebildet. Ausgehend von der Rückwand 16 erstreckt sich der Aktor 11 in Richtung zur Membran 7 mit seinem aktiven Teil 24, an den sich sein passiver Teil 25 anschließt, dessen Ende 23 an der Membran 7 anliegt. Der passive Teil 25 bildet ein Wärmesperrelement 26, so daß an der Membran 7 vorliegende Wärme keinen Einfluß auf den piezoelektrisch aktiven Teil 24 des Aktors 11 hat. Mithin ist der Aktor 11 beziehungsweise sein aktiver Teil 24 thermisch von der Membran 7 entkoppelt. Unter dem Wärmesperrelement 26 wird ein Element verstanden, das die Wärme schlecht leitet oder zumindest so ausgebildet ist, daß die an der Membran 7 vorliegende Wärme abgeschwächt beziehungsweise vermindert zum aktiven Teil 24 weitergeleitet wird. Um die

schlechte Wärmeleitung zwischen Membran 7 und Aktor 11 noch zu erhöhen, ist vorzugsweise vorgesehen, daß der passive Teil 25 des Aktors 11 sich in Richtung der Membran 7 verjüngt. Somit liegt eine kleine Berührfläche zwischen Membran 7 und dem Aktor beziehungsweise dem Wärmesperrelement 26 vor, so daß eine kleine Wärmeübergangsfläche gegeben ist.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Aktor also einstückig ausgebildet, das heißt, daß der aktive und der passive Teil 24 und 25 aus demselben Material einstückig hergestellt sind.

Bevorzugt ist das Gehäuse 10 von der Membran 7 thermisch entkoppelt. Somit liegt ein geringer Wärmefluß von der Membran 7 zum Gehäuse 10 vor, so daß die an der Membran 7 vorliegende Wärme im wesentlichen nicht bis zur Gehäuserückwand 16 vordringen kann, die als Widerlager W für den Aktor 11 dient. Somit ist auch das Ende 18 des Aktors thermisch von der Membran entkoppelt, so daß eine Wärmebeeinflussung des aktiven Teils 24 gering gehalten ist. Zur thermischen Entkopplung zwischen Membran 7 und Gehäuse 10 ist insbesondere vorgesehen, daß die Ränder 13 des Gehäuses 7 geringe Berührflächen mit der Membran 7 aufweisen. Hierzu sind insbesondere mehrere Schlitz 27 vorgesehen, die randoffen ausgebildet sind. Die Schlitz 27 und die dazwischen liegenden Zinken 28 bilden somit eine Kammstruktur 29 (Figur 2), so daß zwischen Membran 7 und Gehäuse 10 relativ geringe Wärmeübergangsflächen 30 vorliegen. Die Schlitz 27 erstrecken sich vorzugsweise an der unteren Gehäusewandung 31 und der oberen Gehäusewandung 32 des Gehäuses 10. Selbstverständlich kön-

nen auch an den seitlichen Gehäusewandungen 33 an dessen Rändern derartige Schlitzte beziehungsweise Kammstrukturen vorgesehen sein. Die Schlitzte 27 erstrecken sich -ausgehend von den Rändern 13- etwa rechtwinklig zur Membran. Die Schlitzte 27 erstrecken sich nur bereichsweise in den Gehäusewandungen, also nicht bis zur Gehäuserückwand 16. Der Tragkörper 19 ist also vorzugsweise so geformt, daß die Schlitzte 27 beziehungsweise Kammstrukturen, der Durchbruch 17 und die Schutzmedium Eintrittsöffnung 43 von vorn oder hinten einbringbar sind, also keine seitlichen Öffnungen ausgebildet werden müssen. Hierdurch läßt sich der Tragkörper 18 sehr einfach in einer Gußform herstellen.

Dadurch, daß die Schlitzte 27 vorgesehen sind, besitzt das Gehäuse 10 auch eine Wärmeausdehnungskompensation. Obwohl durch die kleinen Berührflächen 30 eine thermische Entkopplung zwischen Membran 7 und Gehäuse 10 vorliegt, erwärmt sich dennoch das Gehäuse 10 in seinem der Membran benachbart liegenden Bereich. Um ein "Verziehen" des Gehäuses 10 beziehungsweise des Tragkörpers 19 zu vermindern beziehungsweise zu vermeiden, dienen die Schlitzte 27 der Wärmeausdehnungskompensation. Es ist insbesondere aus Figur 1 ersichtlich, daß sich die Gehäusewandungen 31, 32 oder 33 zu den Rändern 13 hin verjüngen.

An seiner der Membran 7 abgewandten Seite ist am Grundkörper 6 das Heizmodul 5 vorgesehen. Das Heizmodul 5 liegt also an dem Wannenboden 34 des Grundkörpers 6 zugewandt. Das Heizmodul 5 umfaßt eine Wärmequelle 35, die von einer Lichtquelle 36 gebil-

det sein kann. Bevorzugt wird für die Lichtquelle 36 eine Halogenlampe verwendet. Mittels der Wärmequelle 35 kann ein in der Mediumkammer 8 vorliegendes metallisches Medium derart erhitzt werden, daß es in flüssiger Phase vorliegt, so daß es durch die Düse 2 aus dem Druckchip 3 ausgebracht werden kann. Um den Wirkungsgrad der Wärmequelle 35 zu erhöhen, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Wärmequelle 35 von einer Einhäusung 37 umgeben ist, die von dem Wannenboden 34 verschlossen ist. An der Innenseite der Einhäusung 37 ist eine Verspiegelung 38 aufgebracht, die die von der Wärmequelle 35 ausgehende Wärmestrahlung in Richtung des Wannenbodens 34 reflektiert. Somit kann die von der Wärmequelle 35 erzeugte Wärme im wesentlichen nicht aus der Einhäusung 37 austreten. Es kann auch vorgesehen sein, daß die Einhäusung 37 aus einem schlecht wärmeleitenden Material hergestellt ist. Für die Anordnung der drei Module 3, 4, 5 ist eine Reihenanordnung gewählt, so daß die Wärmequelle 35 nicht direkt auf den Aktor 11 einwirken kann.

Für den Druckkopf 1 ergibt sich folgende Funktionsweise:

Der Druckkopf 1 wird erfindungsgemäß zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums verwendet, welches zumindest in der Mediumkammer 8 heiß und in der flüssigen Phase vorliegt. Durch die Aktivierung des Aktors 11 wird die Membran 7 in Richtung des Wannenbodens 34 ausgelenkt beziehungsweise durchgebogen, so daß sich das Volumen der Mediumkammer 8 verringert. Dadurch wird ein der Volumenverringern der Mediumkammer 8 proportionaler Anteil des

heißen flüssigen Mediums aus der Düse 2 herausgedrückt. Durch eine anschließende Deaktivierung des Aktors 11 wird die Membran wieder von dem Wannenboden 34 zurückgezogen, wodurch aus der Düse 2 das heiße flüssige Medium als Tropfen ausgebracht wird. Die Auslenkung der Membran 7 wird durch die elektrische Aktivierung des Piezoelements 15 erreicht. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung an die Aktivierungselektroden ändert das lamellenförmige Piezoelement 15 seine räumliche Gestalt. Je nachdem, mit welcher Polarität die Aktivierungselektroden angesteuert werden, verlängert oder verkürzt sich der aktive Teil 24 des Piezoelements. Somit kann die Membran in Richtung des Wannenbodens 34 durchgebogen oder herausgebogen beziehungsweise gewölbt werden. Somit ist klar, daß sich durch die Ansteuerung des Aktors 11 beziehungsweise des Piezoelements 15 das Volumen in der Mediumkammer 8 ändert. Durch impulsartige Ansteuerung des Aktors 11 können somit mehrere Tropfen des heißen flüssigen Mediums aus der Düse 2 nacheinander ausgebracht werden. Je nach Ansteuerungsfrequenz können diese Tropfen sehr schnell hintereinander aus der Düse 2 ausgespritzt werden. Je nach Energieeintrag an die Aktivierungselektroden kann die Stärke der Auslenkung der Membran 7 beeinflußt werden.

Um das Volumen der einzeln ausgebrachten Tropfen im wesentlich konstant zu halten, ist es wichtig, daß der Aktor 11 von äußeren Einflüssen, beispielsweise Wärme oder mechanischer Verformung freigehalten wird, so daß die Membran 7 bei jeder Ansteuerung beziehungsweise Auslenkung denselben Weg zurücklegt. Um den Wärmeeinfluß zu dem Aktor 11 möglichst

gering zu halten, ist -wie vorstehend erwähnt- das Wärmesperrelement 26 vorgesehen. Zur Verminderung von mechanischen Einflüssen auf das Piezoelement 15 ist -wie vorstehend erwähnt- auch das Gehäuse 10 beziehungsweise der Tragkörper 19 des Aktors 11 wärmetechnisch von der Membran 7 entkoppelt und weist außerdem die vorstehend beschriebene Wärmeausdehnungskompensation auf.

Um die mechanische Stabilität und Ausrichtung der Aktoren 11 zu erhöhen, ist innerhalb des Gehäuses 10 eine sogenannte Justier- und Halteplatte 39 vorgesehen, die im Querschnitt im wesentlichen C-förmig ausgebildet ist. Die Justier- und Halteplatte, die im folgenden lediglich als Halteplatte 39 bezeichnet wird, ist durch Schrägen 40 an der Gehäuseinnenseite geführt und somit exakt ausgerichtet. Mit den freien Enden der Schenkel des C's liegt die Halteplatte 39 an der dem Gehäuse 10 zugewandten Seite der Membran 7 an. Etwa mittig in der Basis des C's weist die Halteplatte einen Durchbruch 41 auf, durch den der Aktor 11 mit seinem Wärmesperrelement 26 hindurchgreift. Der Durchbruch 41 ist so dimensioniert, daß der Aktor 11 zwar geführt ist, bei seiner Längenveränderung durch die Ansteuerung der Aktivierungselektroden jedoch nicht beeinträchtigt wird. Vorzugsweise ist die Halteplatte 39 aus demselben Material hergestellt wie das Gehäuse 10.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist der Druckkopf 1 eine Schutzmediumaustrittsöffnung 42 auf, die so ausgerichtet ist, daß ein aus der Schutzmediumaustrittsöffnung austretendes Schutzme-

dium in Richtung der Mündung der Düse 2 strömt. Als Schutzmedium wird vorzugsweise ein die Oxidation des aus der Düse 2 austretenden heißen flüssigen Mediums verhinderndes Schutzmedium, insbesondere Inertgas, verwendet. Als Inertgas kann beispielsweise Stickstoffgas verwendet werden. Dadurch, daß der beziehungsweise die aus der Düse 2 austretenden Tropfen mit einer Schutzatmosphäre aus dem Schutzmedium umgeben werden, wird während des "Fluges" des Tropfens verhindert, daß dieser oxidiert. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn aus der Mediumkammer 8 als heißes flüssiges Medium ein metallisches Lot auf ein eine Verbindungsstelle aufweisendes Substrat aufgebracht werden soll. Bevorzugt besitzt das Gehäuse 10 eine Schutzmedium Eintrittsöffnung 43, die beispielsweise an der Gehäuserückwand 16 vorliegen kann. Durch die Schutzmedium Eintrittsöffnung 43 kann das Schutzmedium in das Gehäuse 10 eingeleitet werden, um nach Durchströmung des Gehäuses 10 an der Schutzmedium Austrittsöffnung 42 wie vorstehend beschrieben auszutreten. Insbesondere ist vorgesehen, daß die Schutzmedium Eintrittsöffnung 43 und die Schutzmedium Austrittsöffnung 42 so am Gehäuse angeordnet sind, daß der Aktor 11, insbesondere dessen aktiver Teil 24, im Strömungspfad des Schutzmediums liegt. Somit dient das Schutzmedium auch als Kühlmedium für den Aktor. Besonders bevorzugt wird als Schutzmedium Austrittsöffnung ein Schlitz 27 der Kammstruktur 29 gewählt. Besonders bevorzugt wird der Strömungspfad für das Schutzmedium innerhalb des Gehäuses 10 so gewählt, daß das Schutzmedium an der Schutzmedium Eintrittsöffnung 43 an der Gehäuserückwand 16 eintritt, den Aktor 11 umströmt, durch den Durchbruch 41 an der

Halteplatte hindurchtritt, durch Schlitz 44 an den Schenkeln des C's der Halteplatte hindurchströmt und so zur Schutzmediumaustrittsöffnung 42 gelangt. Die Schlitz 44 liegen dabei vorzugsweise deckungsgleich mit den Schlitz 27 an dem Gehäuse 10. Selbstverständlich wäre auch ein Strömungspfad denkbar, bei dem die Schenkel der Halteplatte 39 so ausgebildet sind, daß zwischen den Führungsschrägen 40 zwischen Halteplatte 39 und Gehäuse 10 ein Strömungskanal vorliegt, der in der Schutzmediumaustrittsöffnung 42 mündet.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wurde das in der Mediumkammer 8 vorliegende Medium, insbesondere metallisches Lot, mittels der Wärmequelle 35 erwärmt. Denkbar wäre auch, daß das aus der Mediumkammer 8 auszuspritzende heiße flüssige Medium bereits in flüssiger Phase der Mediumkammer 8 zugeführt wird. Gegebenenfalls kann dann auf das Heizmodul 5 verzichtet werden.

Um mit dem Druckkopf 1 auch sehr kalte flüssige Medien ausspritzen zu können, kann auch eine Kühleinrichtung vorgesehen sein, die beispielsweise dem Wannenboden 34 zugeordnet ist. Hierzu kann eine Wärmesenke, insbesondere ein Peltierelement, vorgesehen sein. Selbstverständlich ist es auch möglich, sowohl eine Wärmequelle beziehungsweise Heizeinrichtung als auch eine Kühleinrichtung beziehungsweise Wärmesenke vorzusehen.

Anstelle der Lichtquelle 36 können für die Wärmequelle 35 auch Heizwiderstände (nicht dargestellt) vorgesehen sein, die an der Außenseite der Medium-

kammer 8 an dem Wannenboden 34 vorliegen. Vorzugsweise werden diese Heizwiderstände in Dünnschicht-Technik auf das Substrat beziehungsweise den Grundkörper 6 aufgebracht. Die Heizwiderstände umfassen vorzugsweise Hafniumdiborid.

Um die Mediumtemperatur des in der Mediumkammer 8 vorliegenden Mediums zu erfassen und zu überwachen, kann insbesondere an der Membran 7 zumindest ein Temperaturerfassungselement 45 vorgesehen sein, das zwischen Membran 7 und Halteplatte 39, also außerhalb der Mediumkammer 8 vorliegt.

Die zumindest eine Temperaturerfassungseinrichtung 45 kann beispielsweise als Temperatursensor ausgebildet sein, der von einem Thermoelement oder von einem Dünnsfilmsensor gebildet ist.

Im folgenden wird ein Verfahren zur Herstellung einer metallisches Lot umfassenden Verbindungsstelle beschrieben. Die Verbindungsstelle besitzt eine auch als Kontaktpad bezeichnete Kontaktierstelle, die mit metallischem Lot benetzt werden soll. Hierzu wird vorzugsweise der vorstehend beschriebene Druckkopf 1 zum Ausspritzen des flüssigen Lotes, welches beispielsweise eine Zinn-Blei- oder Zinn-Gold-Legierung sein kann, verwendet. Selbstverständlich können insbesondere sämtliche aus der Elektronikfertigung bekannte Weichlote verwendet werden. Das in der Mediumkammer 8 vorliegende heiße flüssige Lot wird durch die Auslenkung der Membran 7 tropfenförmig aus der Düse 2 auf die Kontaktierstelle der Verbindungsstelle aufgebracht. Hierzu wird das in der Mediumkammer 8 vorliegende heiße

flüssige Lot als mindestens ein heißer flüssiger Tropfen aus dem Druckkopf aus der Düse 2 ausgespritzt. Um ein Oxidieren des heißen flüssigen Lot-tropfens zu verhindern, wird der Tropfen mit einem Oxidationsschutzmedium, welches aus der Schutzmediumaustrittsöffnung 2 ausgebracht wird, umgeben. Um eine optimale Benetzung der Kontaktierstelle der Verbindungsstelle zu gewährleisten, wird die Lottemperatur innerhalb der Mediumkammer 8 mittels der Temperaturerfassungseinrichtung 45 überwacht. Somit kann in Abhängigkeit von der erfaßten Temperatur die Wärmequelle 35 so angesteuert werden, beispielsweise ein- oder ausgeschaltet werden, daß innerhalb der Mediumkammer 8 das Lot auf der gewünschten Temperatur gehalten wird. Insbesondere wird zur Ausspritzung des heißen flüssigen Lots die Temperatur innerhalb der Mediumkammer auf zirka 400 bis 600°C gehalten.

Somit ist es auf besonders einfache und kostengünstige Art und Weise möglich, Verbindungstechniken der Mikroelektronik, Mikromechanik beziehungsweise Mikrosystemtechnik zu vereinfachen. Insbesondere kann das Tape-Automated-Bonding (TAB), das Chip-Size-Packaging (CSP) und insbesondere die sogenannte Flip-Chip-Verbindung (FC) vereinfacht werden. Bei diesen Verbindungstechniken werden als Verbindungselemente zwischen Bauelemente und Substrat sogenannte Bumps (Lotdepots) benötigt. Diese meist höckerförmigen Lotdepots können besonders einfach mit dem vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Druckkopf hergestellt werden.

Zur Erzeugung dieser Lotdepots können auch mehrere Tropfen hintereinander aus der Düse 2 ausgebracht werden. Hierzu ist -wie vorstehend erwähnt- die impulsartige Ansteuerung des Aktors 11 vorgesehen, so daß die Membran 7 schnell hin- und herbewegt werden kann, wodurch die einzelnen Tropfen aus der Düse 2 ausgebracht werden können.

Selbstverständlich ist es möglich, einen Druckkopf 1 zu verwenden, der mehrere Düsen 2 aufweist, wobei insbesondere vorgesehen ist, daß die Düsen matrixartig angeordnet sind. Beispielsweise können mehrere Düsen 2 hintereinander in Reihe liegen, also in zur Zeichnungsebene parallelen Ebenen. Wird ein mehrdüsiger Druckkopf 1 verwendet, so sind vorzugsweise mehrere Teilmediumkammern vorgesehen, wobei jeweils einer Teilmediumkammer vorzugsweise mindestens eine Düse 2 zugeordnet ist. Jede Teilmediumkammer weist vorzugsweise eine separate Membran 7 auf, wobei jede Membran von jeweils einem Aktor 11 angesteuert wird. Mit anderen Worten: sämtliche Düsen beziehungsweise sämtliche Membranen sind unabhängig voneinander über zumindest jeweils einen Aktor 11 ansteuerbar. Wird ein mehrdüsiger Druckkopf 1 verwendet, wird eine Anordnung der Aktoren bevorzugt, wie dies in Figur 2 dargestellt ist. Die Aktoren 11 liegen in Reihe nebeneinander, so daß ihre Fortsätze 20 nebeneinander aus der Gehäuserückwand 16 herausragen. Dabei ist vorgesehen, daß an jeder Seite des Fortsatzes 20 die Kontaktiermittel 21 vorgesehen sind, so daß außerhalb des Gehäuses eine Kontaktierung der Aktivierungselektroden erfolgen kann. Wie aus Figur 3 ersichtlich, liegen die Fortsätze 20 zweier benachbarter Aktoren 11 versetzt

zueinander, so daß für Gegenkontaktiermittel genügend Platz geschaffen wird, um die Kontaktiermittel 21 elektrisch leitend mit den Gegenkontaktiermitteln zu verbinden. Aus Figur 3 ist noch ersichtlich, daß mehrere Schutzmedium Eintrittsöffnungen 43 an der Gehäuserückwand 16 vorgesehen sein können. Insbesondere kann vorgesehen sein, daß eine Medium-eintrittsöffnung 43 für zwei Aktoren 11 vorgesehen ist. Denkbar wäre, daß innerhalb des Gehäuses 10 zwischen unterer und oberer Gehäusewandung 31 und 32 verlaufende Trennwände vorliegen, die die einzelnen Aktoren 11 räumlich voneinander trennen.

In Figur 4 ist in Draufsicht die Halteplatte 39 dargestellt. Es ist ersichtlich, daß mehrere Schlitz 44 an beiden Schenkeln der C-förmigen Halteplatte vorgesehen sein können. Die Schlitz 44 sind so in den Schenkeln der Halteplatte 39 eingebracht, daß sie vorzugsweise deckungsgleich mit den Schlitz 27 am Gehäuse 10 liegen, wie dies in Figur 1 dargestellt ist. Es ist nicht zwingend erforderlich, die Schlitz 27 am Gehäuse sowohl an der unteren als auch an der oberen Gehäusewandung 31 und 32 auszubilden. Insbesondere genügt es, wenn an der unteren Gehäusewandung 31 die Schlitz 27 vorliegen, um die Schutzmediumaustrittsöffnungen 42 auszubilden.

Im folgenden wird noch ein Verfahren zur Herstellung eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes 1 beschrieben, der zumindest den Druckchip 3 und das Aktormodul 4 umfaßt. Zusätzlich kann das Heizmodul 5 vorgesehen sein. Bei der Herstellung ist vorgesehen, daß der Aktor 11 beziehungs-

weise das Aktormodul 4 thermisch entkoppelt miteinander verbunden werden. Der Druckchip 3 wird insbesondere als mikromechanische Strukturen aufweisen- des Siliziumsubstrat hergestellt, wobei die mikro- mechanischen Strukturen zur Mediumführung und zur Ausbildung einer Ausspritzöffnung beziehungsweise Düse 2 vorgesehen sind. Das Siliziumsubstrat wird vorzugsweise wannenförmig ausgebildet, wobei die mikromechanischen Strukturen für die Mediumführung an der Innenseite des wannenförmigen Siliziumsub- strats liegen. Die Düse ist demnach als Öffnung von der Innenseite zur Außenseite des Siliziumsubstrats ausgebildet. Die Öffnung des wannenartigen Silizi- umsubstrats wird mit der Membran 7 zur Ausbildung der Mediumkammer 8 abgedeckt. Dabei wird die Memb- ran 7 vorzugsweise durch anodisches Bonden mit dem Siliziumsubstrat verbunden, sofern die Membran 7 aus Borosilikatglas besteht. Wird die Membran aus Silizium hergestellt, erfolgt die Verbindung zwis- chen Membran 7 und Substrat beziehungsweise Grund- körper 6 durch sogenanntes Silicon-Fusion-Bonding. Beim Zusammensetzen beziehungsweise Verbinden des Aktormoduls 4 und Druckchips 3 wird vorzugsweise zunächst der Aktor 11 in den diesen haltenden Trag- körper 19 beziehungsweise Gehäuse 10 eingesetzt, wobei anschließend der Tragkörper mit der Membran verbunden wird, und zwar auf der Seite, die der Wannenöffnung des Grundkörpers 6 gegenüberliegt. Zur Verbindung zwischen Membran 7 und Tragkörper 19 ist vorgesehen, daß die Membran 7 durch Bedampfen und Sputtern vergoldet wird, insbesondere in dem Bereich, der der späteren Verbindungsstelle zwis- chen Membran 7 und Gehäuse 10 zugeordnet ist. Die Ränder 13 des Tragkörpers werden vor der Verbindung

mit der Membran vorzugsweise ebenfalls vergoldet, wobei hierzu eine Dickschicht-Einbrennpaste vorgesehen ist, die Gold aufweist. Die Verbindung zwischen Tragkörper 19 und Membran 7 erfolgt vorzugsweise durch eine Goldschweiß- oder Lötverbindung.

Der Tragkörper 19 beziehungsweise das Gehäuse 10 wird aus Zirkonoxid vorzugsweise im sogenannten Heißgießverfahren hergestellt, wobei die Durchbrüche 17, Schlitze 27 und Führungsschrägen 40 beim Gießvorgang mit ausgebildet werden können. Alternativ ist auch eine Behandlung beziehungsweise Bearbeitung nach dem Sintern der Keramik zur Ausbildung der Schlitze 27, Führungsschrägen 40 und Schutzmedieintrittsöffnung 43 möglich.

Zur lagerichtigen Montage des Aktors 11 innerhalb des Tragkörpers wird die vorstehend erwähnte Justier- und Halteplatte 39 verwendet, die nach dem Einkleben des Aktors 11 im Durchbruch 17 über das Wärmesperrelement 26 aufgesetzt wird, so daß das Wärmesperrelement den Durchbruch 41 an der Halteplatte 39 durchgreift. Beim Einsetzen der Halteplatte 39 wird diese mittels der Führungsschrägen 40 positionsgenau und sicher im Tragkörper 19 beziehungsweise Gehäuse 10 gehalten. Der Aktor wird dabei zwischen seinem Widerlager W an der Gehäuserückwand 64 und der Halteplatte 39 so gehalten, daß sein freies Ende 23 auf die Membran wirken kann, so daß diese auslenkbar ist.

Ein weiterer Herstellungsschritt besteht darin, daß der Membran ein Temperatursensor zugeordnet wird, der als Thermoelement oder Dünnsfilmsensor ausgebil-

det ist. Vorzugsweise wird der Temperatursensor vor dem Aufsetzen des Aktormoduls 4 auf die Membran aufgebracht. Der Temperatursensor kann als diskretes Bauelement oder in Dünnschichttechnik durch Bedampfen oder Sputtern und durch lithographisches Strukturieren hergestellt beziehungsweise geformt werden.

Auf dem Siliziumsubstrat, insbesondere an der Außenseite des Wannenbodens 34, können Heizwiderstände in Dünnschicht-Technik aufgebracht werden. Vorzugsweise wird als Widerstandsmaterial Hafniumdiborid durch Sputtern aufgebracht und durch anschließendes lithographisches Strukturieren geformt.

Mit dem vorstehend beschriebenen Druckkopf 1, der nach dem Tintendruckprinzip arbeitet, ist es in vorteilhafter Weise möglich, das Anwendungsgebiet derartiger Tintendruckköpfe zu erweitern, so daß Verbindungsstellen in der Mikroelektronik beziehungsweise Mikromechanik und Mikrosystemtechnik einfach hergestellt werden können. Denkbar wäre beispielsweise auch die Verwendung eines herkömmlichen Tintendruckkopfes, sofern dieser Tintendruckkopf ein wärmeunempfindliches Aktorelement besitzt. Bevorzugt wird jedoch der vorstehend beschriebene Druckkopf verwendet, der ein von der Mediumkammer thermisch entkoppeltes Aktorelement besitzt.

Ansprüche

1. Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums, mit einer Membran, die eine Wandung einer Mediumkammer bildet, und mit einem mit der Membran in mechanischen Kontakt stehenden Aktor, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (11) von der Membran (7) thermisch entkoppelt ist.
2. Druckkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Entkopplung von einem zwischen Membran (7) und Aktor (11) liegenden Wärmesperrelement (26) vorgenommen wird.
3. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (11) ein Piezoelement (15) ist.
4. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmesperrelement (26) einstückiger Bestandteil des Piezoelements (15) ist.
5. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Piezoelement (15) einen aktiven und einen das Wärmesperrelement (16) bildenden passiven Bereich (24;25) aufweist, daß der aktive Bereich (24) des Piezoelements (15) Elektroden (22) aufweist und daß der passive Bereich (25) elektrodenlos ausgebildet ist.
6. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt im

Bereich des Wärmesperrelements (26) kleiner als im übrigen Bereich des Aktors (11) ist.

7. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übrigen Wandungen der Mediumkammer (8) von einem Silizium umfassenden Substrat (6) gebildet sind.

8. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (11) von einem Gehäuse (10) umgeben ist.

9. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (11) als Lamelle ausgebildet ist und sich zwischen der Membran (7) und einer ein Widerlager (W) für den Aktor 11 bildenden Gehäusewand (16) erstreckt.

10. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) elektrisch isolierend und/oder schlecht wärmeleitend ausgebildet ist.

11. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) aus einem Werkstoff hergestellt ist, der einen ähnlichen, vorzugsweise gleichen, Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt wie die Piezokeramik des Aktors (11).

12. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (7) der Mediumkammer (8) eine Gehäusewand bildet.

13. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) von der Mediumkammer (8) thermisch entkoppelt ist.

14. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) eine Wärmeausdehnungskompensation besitzt.

15. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Heizeinrichtung (35) für das Medium.

16. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Kühleinrichtung.

17. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung (35) und/oder Kühleinrichtung der Mediumkammer (8) zugeordnet ist.

18. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Heiz- und/oder Kühleinrichtung von einer Einhäusung (37) umgeben ist.

19. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wandung (34) der Einhäusung (37) von dem Substrat (6) gebildet ist.

20. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einhäusung (37) von dem Substrat (6) thermisch entkoppelt ist.

21. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mediumkammer (8) mindestens eine, insbesondere mehrere Ausspritzöffnungen (2) für das heiße flüssige Medium besitzt.

22. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Schutzmediumaustrittsöffnung (42) für ein die Oxidation des heißen flüssigen Mediums verhinderndes, eine Schutzatmosphäre bildendes Schutzmedium.

23. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzmediumaustrittsöffnung (42) am Gehäuse (10) des Aktors (11) vorgesehen ist.

24. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) eine Eintrittsöffnung (43) für das Schutzmedium besitzt.

25. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittsöffnung (43) und die Austrittsöffnung (42) so im Gehäuse (10) angeordnet sind, daß der Aktor (11) zumindest bereichsweise im Strömungspfad des Schutzmediums liegt.

26. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Entkopplung zwischen Gehäuse (10) und Mediumkammer und/oder die Wärmeausdehnungskompensation des Ge-

häuses durch einen oder mehrere Schlitz (27) im Gehäuse realisiert ist.

27. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Schlitz (27) als Schutzmediumaustrittsöffnung (42) dient.

28. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (27) eine Kammstruktur (29) am Gehäuserand (13) bilden.

29. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Gehäuses 10 eine Halteplatte (39) für den Aktor (11) vorgesehen ist, die etwa parallel zur Membran (8) liegt, und daß der Aktor (11) die Halteplatte (39) mit seinem der Membran (8) zugewandten Wärmesperr-element (26) durchgreift.

30. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Halteplatte (39) mittels an der Gehäuseinnenseite ausgebildeten Führungsschrägen (40) gehalten und geführt ist.

31. Druckkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mediumkammer (8) eine Temperaturerfassungseinrichtung (45) für die Mediumtemperatur zugeordnet ist.

32. Verwendung eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden, einen thermisch entkoppelten Aktor aufweisenden Druckkopfes, insbesondere nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 31, zum Aufbrin-

gen von metallischem Lot auf eine Lötverbindungsstelle, insbesondere eines mikromechanischen und/oder mikroelektronischen Elements.

33. Verfahren zur Herstellung einer metallisches Lot umfassenden Verbindungsstelle, dadurch gekennzeichnet, daß das Lot als heißes flüssiges Lot mittels einer nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Vorrichtung auf die Kontaktierstelle der Verbindungsstelle aufgespritzt wird.

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Lot als mindestens ein heißer flüssiger Tropfen aus der Vorrichtung (Druckkopf 1) ausgespritzt wird.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 und 34, dadurch gekennzeichnet, daß das Lot beim Ausspritzen mit einem Oxidationsschutzmedium, vorzugsweise Inertgas, umgeben wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des in der Vorrichtung (Druckkopf 1) vorliegenden heißen flüssigen Mediums erfaßt und überwacht wird.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß eine impulsartige, zum Ausspritzen mehrerer Tropfen dienende Ansteuerung der Vorrichtung (Druckkopf 1) erfolgt.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No.

PCT/EP 00/06407

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B23K3/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K B41J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 876 615 A (PREDETECHENSKY) 2 March 1999 (1999-03-02) column 5, last paragraph -column 6, paragraph 2; claim 1; figure 9	1,2,7,8, 10,21, 32,33
A	US 5 772 106 A (AYERS ET AL.) 30 June 1998 (1998-06-30) column 5, paragraph 2; claim 1; figures 2-4	3-5,8, 10,11, 13,21
A	EP 0 637 057 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP.) 1 February 1995 (1995-02-01) column 13, last paragraph -column 14, paragraph 2; figure 4 -/-	1-5,32, 33



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 November 2000

Date of mailing of the international search report

16/11/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Herbreteau, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No

PCT/EP 00/06407

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 691 593 A (TAKEUCHI ET AL.) 25 November 1997 (1997-11-25) column 4, paragraph 3; figure 4	1, 3, 5
A	US 5 810 988 A (SMITH, JR. ET AL.) 22 September 1998 (1998-09-22) column 7, paragraph 2; figure 1 column 11, line 24 -column 12, line 35	1, 3, 7, 8, 15, 21, 32, 33

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No

PCT/EP 00/06407

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5876615 A	02-03-1999	NONE	
US 5772106 A	30-06-1998	US 6015083 A	18-01-2000
EP 0637057 A	01-02-1995	AT 146304 T	15-12-1996
		DE 69306565 D	23-01-1997
		DE 69306565 T	12-06-1997
		JP 2692781 B	17-12-1997
		JP 7235515 A	05-09-1995
		US 5973295 A	26-10-1999
		US 5741557 A	21-04-1998
US 5691593 A	25-11-1997	DE 69025813 D	18-04-1996
		DE 69025813 T	26-09-1996
		DE 69026765 D	05-06-1996
		DE 69026765 T	24-10-1996
		EP 0408305 A	16-01-1991
		EP 0408306 A	16-01-1991
		HK 24197 A	27-02-1997
		JP 2886588 B	26-04-1999
		JP 3128680 A	31-05-1991
		JP 2842448 B	06-01-1999
		JP 3128681 A	31-05-1991
		JP 11206149 A	30-07-1999
		US 5592042 A	07-01-1997
		US 5631040 A	20-05-1997
		US 5622748 A	22-04-1997
US 5810988 A	22-09-1998	US 5560543 A	01-10-1996
		AU 3635395 A	09-04-1996
		WO 9609121 A	28-03-1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. J. Aktenzeichen

PCT/E/00/06407

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B23K3/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23K B41J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 876 615 A (PREDETECHENSKY) 2. März 1999 (1999-03-02) Spalte 5, letzter Absatz -Spalte 6, Absatz 2; Anspruch 1; Abbildung 9	1,2,7,8, 10,21, 32,33
A	US 5 772 106 A (AYERS ET AL.) 30. Juni 1998 (1998-06-30) Spalte 5, Absatz 2; Anspruch 1; Abbildungen 2-4	3-5,8, 10,11, 13,21
A	EP 0 637 057 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP.) 1. Februar 1995 (1995-02-01) Spalte 13, letzter Absatz -Spalte 14, Absatz 2; Abbildung 4	1-5,32, 33
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertätiger Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertätiger Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. November 2000

Abschließdatum des internationalen Recherchenberichts

16/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Herbreteau, D

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 691 593 A (TAKEUCHI ET AL.) 25. November 1997 (1997-11-25) Spalte 4, Absatz 3; Abbildung 4	1,3,5
A	US 5 810 988 A (SMITH, JR. ET AL.) 22. September 1998 (1998-09-22) Spalte 7, Absatz 2; Abbildung 1 Spalte 11, Zeile 24 -Spalte 12, Zeile 35	1,3,7,8, 15,21, 32,33

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int. Patentzeichen

PCT/EP 00/06407

im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5876615 A	02-03-1999	KEINE	
US 5772106 A	30-06-1998	US 6015083 A	18-01-2000
EP 0637057 A	01-02-1995	AT 146304 T	15-12-1996
		DE 69306565 D	23-01-1997
		DE 69306565 T	12-06-1997
		JP 2692781 B	17-12-1997
		JP 7235515 A	05-09-1995
		US 5973295 A	26-10-1999
		US 5741557 A	21-04-1998
US 5691593 A	25-11-1997	DE 69025813 D	18-04-1996
		DE 69025813 T	26-09-1996
		DE 69026765 D	05-06-1996
		DE 69026765 T	24-10-1996
		EP 0408305 A	16-01-1991
		EP 0408306 A	16-01-1991
		HK 24197 A	27-02-1997
		JP 2886588 B	26-04-1999
		JP 3128680 A	31-05-1991
		JP 2842448 B	06-01-1999
		JP 3128681 A	31-05-1991
		JP 11206149 A	30-07-1999
		US 5592042 A	07-01-1997
		US 5631040 A	20-05-1997
		US 5622748 A	22-04-1997
US 5810988 A	22-09-1998	US 5560543 A	01-10-1996
		AU 3635395 A	09-04-1996
		WO 9609121 A	28-03-1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TREATY CONCERNING INTERNATIONAL PATENT COOPERATION
PCT
INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(Article 18 and Rules 43 and 44 PCT)

File number of the applicant or attorney 23559 WO	FURTHER PROCEDURE	See notice concerning the transmission of international search reports (Form PCT/ISA/220) and if applicable, the following Item 5
International file no. PCT/EP 00/06407	International application date (<i>day/month/year</i>) 06-07-2000	(Earliest) priority date (<i>D/M/Y</i>) 06-07-1999
Applicant EKRA EDUARD KRAFT GmbH		
This international research report was issued by the International Search Office and is provided to the applicant in accordance with Article 18. A copy will be provided to the International Office.		
This international search report comprises a total of 3 sheets. <input checked="" type="checkbox"/> In addition a copy of each document on the state of the art mentioned is attached to this report.		
<p>1. Basis of the Report</p> <p style="margin-left: 20px;">a. With respect to language, the international search was performed on the basis of the international application in the language in which it was submitted, to the extent nothing else is indicated under this item.</p> <p style="margin-left: 40px;"><input type="checkbox"/> The international search was performed on the basis of a translation of the international application that was submitted to the office (Rule 23.1b).</p> <p style="margin-left: 20px;">b. With respect to the nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international search was performed on the basis of the sequence protocol that</p> <p style="margin-left: 40px;"><input type="checkbox"/> is contained in the international application in written form.</p> <p style="margin-left: 40px;"><input type="checkbox"/> was submitted in written form along with the international application.</p> <p style="margin-left: 40px;"><input type="checkbox"/> was subsequently submitted to the office in written form.</p> <p style="margin-left: 40px;"><input type="checkbox"/> was subsequently submitted to the office in computer-readable form.</p> <p style="margin-left: 40px;"><input type="checkbox"/> the declaration that the subsequently submitter sequence protocol does not extend beyond the disclosed content of the international application at the time the application was presented.</p> <p style="margin-left: 40px;"><input type="checkbox"/> the declaration that the information recorded in computer-readable form corresponds to the written sequence was presented.</p> <p>2. <input type="checkbox"/> certain claims proved to be not searchable (see Box I).</p> <p>3. <input type="checkbox"/> lack of unity of the invention (see Box II).</p> <p>4. With respect to the title of the invention</p> <p style="margin-left: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/> the wording submitted by the applicant is approved.</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="checkbox"/> the wording was established by the office as follows:</p> <p>5. With respect to the abstract</p> <p style="margin-left: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/> the wording submitted by the applicant is approved.</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="checkbox"/> the wording according to rule 38.2b) was established by the office in the version given in Box III. The applicant can present a position to the office within a month after the date of the mailing of this international search report.</p> <p>6. The following figure in the drawings must be published with the abstract: Fig. No. 1</p> <p style="margin-left: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/> as proposed by the applicant. <input type="checkbox"/> no figure</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="checkbox"/> because the applicant himself did not propose any figure.</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="checkbox"/> because this figure better characterizes the invention.</p>		

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/EP 00/06407

A. Classification of Subject Matter IPC 7 B23K3/06		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. Fields Searched		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B23K B4IJ		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base, and where practical, search terms used)		
C. Documents considered to be relevant		
Category*	Citation of documentation with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 876 615 A (PREDETECHENSKY) March 2, 1999 (03-02-1999) Column 5, last paragraph through column 6, paragraph 2; claim 1; figure 9	1,2,7,8, 10,21, 32,33
A	US 5 772 106 A (AYERS ET AL.) June 30, 1998 (06-30-1998) Column 5, paragraph 2; claim 1; figures 2-4	3-5,8, 10,11, 13,21
A	EP 0 637 057 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP.) February 1, 1995 (02-01-1995) Column 13, last paragraph through column 14, paragraph 2; figure 4	1-5,32, 33
<input checked="" type="checkbox"/> further documents are listed in the continuation Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication data of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing data but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search. November 8, 2000		Date of mailing of the international search report 11/16/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel.: (+31-70) 340-2040 Tx. 31 651 apo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Herbreuteau, D

[printer information]

THIS PAGE BLANK (US770)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/EP 00/06407

C. Documents considered to be relevant		
Category*	Citation of documentation with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 691 593 A (TAKEUCHI ET AL.) November 25, 1997 (11-25-1997) Column 4, paragraph 3; figure 4	1,3,5
A	US 5 810 988 A (SMITH, JR. ET AL.) September 22, 1998 (09-22-1998) Column 7, paragraph 2; figure 1 Column 11, line 24-column 12, line 35	1,3,7,8, 15,21, 32,33

3 [printer information]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 00/06407

Patent document cited in the search report	Date of publication	Member(s) of the patent family	Date of publication
US 5 876 615 A	03-02-1999	NONE	
US 5 772 106 A	06-30-1998	US 6015083 A	01-18-2000
EP 0 637 057 A	02-01-1995	AT 146304 T	12-15-1996
		DE 69306565 D	01-23-1997
		DE 69306565 T	06-12-1997
		JP 2692781 B	12-17-1997
		JP 7235515 A	09-05-1995
		US 5973295 A	10-26-1999
		US 5741557 A	04-21-1998
US 5 691 593 A	11-25-1997	DE 69025813 D	04-18-1996
		DE 69025813 T	09-26-1996
		DE 69026765 D	06-05-1996
		DE 69026765 T	10-24-1996
		EP 0408305 A	01-16-1991
		EP 0408306 A	01-16-1991
		HK 24197 A	02-27-1997
		JP 2886588 B	04-26-1999
		JP 3128680 A	05-31-1991
		JP 2842448 B	01-06-1999
		JP 3128681 A	05-31-1991
		JP 11206149 A	07-30-1999
		US 5592042 A	01-07-1997
		US 5631040 A	05-20-1997
		US 5622748 A	04-22-1997
US 5 810 988 A	09-22-1998	US 5660543 A	10-01-1996
		AU 3635395 A	04-09-1996
		WO 9609121 A	03-28-1996

[printer information]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)